

UDC: 004.93

## ЩОДО ПРОЄКТУ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ НА 2022 – 2030 рр.

### **Шевченко Анатолій Іванович**

Інститут проблем штучного інтелекту  
МОН України і НАН України,  
чл.-кор. НАН України, д.т.н., професор  
пр. Академіка Глушкова, 40, м. Київ,  
Україна, 03187  
<http://orcid.org/0000-0002-0095-538X>

### **Білокобильський Олександр Володимирович**

Інститут проблем штучного інтелекту  
МОН України і НАН України, д.філос.н.,  
професор  
пр. Академіка Глушкова, 40, м. Київ,  
Україна, 03187  
<http://orcid.org/0000-0002-0139-4748>

### **Вакуленко Максим Олегович**

Інститут проблем штучного інтелекту  
МОН України і НАН України, к.ф.-м.н.  
пр. Академіка Глушкова, 40, м. Київ,  
Україна, 03187  
<http://orcid.org/0000-0003-0772-7950>

### **Довбиш Анатолій Степанович**

Сумський державний університет,  
д.т.н., професор  
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми,  
Україна, 40007  
<http://orcid.org/0000-0003-1829-3318>

### **Казимир Володимир Вікторович**

Національний університет «Чернігівська  
політехніка», д.т.н., професор  
вул. Шевченка, 95, м. Чернігів,  
Україна, 14035  
<http://orcid.org/0000-0001-8163-1119>

### **Клименко Микита Сергійович**

Інститут проблем штучного інтелекту  
МОН України і НАН України.  
пр. Академіка Глушкова, 40, м. Київ,  
Україна, 03187  
<http://orcid.org/0000-0003-4433-6641>

### **Козлов Олексій Валерійович**

Чорноморський національний університет  
імені Петра Могили, к.т.н., доцент  
вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв,  
Україна, 54000  
<http://orcid.org/0000-0003-2069-5578>

### **Кондратенко Юрій Пантелійович**

Чорноморський національний університет  
імені Петра Могили, д.т.н., професор  
вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв,  
Україна, 54000  
<http://orcid.org/0000-0001-7736-883X>

### **Ланде Дмитро Володимирович**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського», д.т.н., професор  
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056  
<http://orcid.org/0000-0003-3945-1178>

### **Мінцер Озар Петрович**

Національний університет охорони здоров'я  
України імені П. Л. Шупика, д.м.н., професор  
вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, Україна 04112  
<http://orcid.org/0000-0002-7224-4886>

### **Рамазанов Султан Курбанович**

Державний вищий навчальний заклад «Київський  
національний економічний університет імені  
Вадима Гетьмана», д.т.н., д.е.н., професор  
пр. Перемоги, 54/1, м. Київ, Україна, 03057  
<http://orcid.org/0000-0002-8847-6200>

### **Роскладка Андрій Анатолійович**

Державний торговельно-економічний університет,  
д.е.н., професор  
вул. Кіото, 19, м. Київ, Україна, 02156  
<http://orcid.org/0000-0002-1297-377X>

### **Сергієнко Анатолій Михайлович**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря  
Сікорського», д.т.н., доцент  
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

### **Сіденко Євген Вікторович**

Чорноморський національний університет імені  
Петра Могили, к.т.н., доцент  
вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54000  
<http://orcid.org/0000-0001-6496-2469>

### **Слюсар Вадим Іванович**

Центральний науково-дослідний інститут Збройних  
Сил України, д.т.н., професор  
пр. Повітрофлотський, 28Б, м. Київ, Україна, 03049  
<http://orcid.org/0000-0002-2912-3149>

**Сосницький Олександр Васильович**

Інститут проблем штучного інтелекту  
МОН України і НАН України, к.т.н., доцент  
пр. Академіка Глушкова, 40, м. Київ, Україна, 03187  
<http://orcid.org/0000-0001-6468-9060>

**Стрижак Олександр Євгенійович**

Національний центр «Мала академія наук України»,  
д.т.н., професор  
вул. Дегтярівська, 38/44, м. Київ, Україна, 04119

**Стрюк Олександр Сергійович**

Чорноморський національний університет  
імені Петра Могили, викладач  
вул. 68 Десанників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54000

**Терещенко Василь Миколайович**

Київський національний університет імені Тараса  
Шевченка, д.ф.-м.н., професор  
вул. Володимирська, 60, м. Київ, Україна, 01033  
<http://orcid.org/0000-0001-7639-2969>

**Фісуненко Андрій Леонідович**

Samsung R&D Institute Ukraine, к.т.н.  
вул. Льва Толстого, 57, м. Київ, Україна, 01032

**Чертов Олег Романович**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря  
Сікорського», д.т.н., професор  
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056  
<http://orcid.org/0000-0001-5293-5842>

***Керівник проєкту член-кореспондент НАН України Анатолій Шевченко висловлює особливу подяку авторам, членам робочої групи, а також учасникам 10-ти щомісячних конференцій за активну участь у створенні проєкту «Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022 – 2030 рр.» та запрошує узяти участь у підготовці остаточного варіанту цього важливого для України документа.***

**Учасники щомісячних конференцій 2021-2022 рр.  
«Створення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні»**

1. **Азаров Олексій Дмитрович** – Вінницький національний технічний університет, д.т.н., професор.
2. **Анісімов Анатолій Васильович** – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, член-кореспондент НАН України, д.ф.-м.н., професор.
3. **Бабенко Віталіна Олексіївна** - Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, д.е.н., професор.
4. **Бармак Олександр Володимирович** – Хмельницький національний університет, д.т.н., професор.
5. **Білокобильський Олександр Володимирович** - Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, д.філос.н., професор.
6. **Білощицький Андрій Олександрович** – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, д.т.н., професор.
7. **Бодяньський Євгеній Володимирович** – Харківський національний університет радіоелектроніки, д.т.н., професор.
8. **Бомба Андрій Ярославович** – Національний університет водного господарства та природокористування, д.т.н., професор.
9. **Вакуленко Максим Олегович** - Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, к.ф.-м.н.
10. **Власюк Анатолій Павлович** – Національний університет "Острозька академія", д.т.н., професор.
11. **Гнатюк Сергій Олександрович** – Національний авіаційний університет, д.т.н. професор.
12. **Говорущенко Тетяна Олександрівна** – Хмельницький національний університет, д.т.н. професор.

13. **Гребеннік Ігор Валерійович** – Харківський національний університет радіоелектроніки, д.т.н., професор.
14. **Гришук Руслан Валентинович** – Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, д.т.н., професор.
15. **Дивак Микола Петрович** – Західноукраїнський національний університет, д.т.н., професор.
16. **Довбиш Анатолій Степанович** – Сумський державний університет, д.т.н., професор.
17. **Ізонін Іван Вікторович** – Національний університет «Львівська політехніка», к.т.н.
18. **Ісаєв Ігор Олександрович** – ТОВ «INTELA LLC» (США).
19. **Казимир Володимир Вікторович** - Національний університет «Чернігівська політехніка», д.т.н., професор.
20. **Клименко Ірина Анатоліївна** – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н., професор.
21. **Клименко Микита Сергійович** - Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України.
22. **Ковалевський Сергій Вадимович** – Донбаська державна машинобудівна академія, д.т.н., професор.
23. **Коваль Валерій Вікторович** – Національний університет біоресурсів і природокористування України, д.т.н., доцент.
24. **Козін Ігор Вікторович** – Запорізький національний університет, д.ф.-м.н., професор.
25. **Козлов Олексій Валерійович** - Чорноморський національний університет імені Петра Могили, к.т.н., доцент.
26. **Колеснікова Катерина Вікторівна** – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, д.т.н., професор.
27. **Кондратенко Юрій Пантелійович** - Чорноморський національний університет імені Петра Могили, д.т.н., професор.
28. **Кононова Катерина Юріївна** – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, д.е.н., професор.
29. **Кузнецов Олександр Олександрович** – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, д.т.н., професор.
30. **Купін Андрій Іванович** – Криворізький національний університет, д.т.н., професор.
31. **Кушнір Олег Степанович** – Львівський національний університет імені Івана Франка, д.ф.-м.н., професор.
32. **Ланде Дмитро Володимирович** - Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н., професор.
33. **Леонов Сергій Юрійович** – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", д.т.н.
34. **Литвин Василь Володимирович** – Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка», д.т.н., професор.
35. **Литвиненко Володимир Іванович** – Херсонський національний технічний університет, д.т.н., професор.
36. **Литвинова Світлана Григорівна** – Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України, д.пед.н., професор.
37. **Лобур Михайло Васильович** – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор.
38. **Ляшенко Віктор Павлович** – Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського д.т.н., професор.
39. **Макаренко Олександр Сергійович** – Інститут прикладного системного аналізу Національної академії наук України, д.ф.-м.н., професор.
40. **Малахов Євгеній Валерійович** – Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, д.т.н., професор.

41. **Макшишко Наталія Костянтинівна** – Запорізький національний університет, д.е.н., професор.
42. **Малярець Людмила Михайлівна** – Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, д.е.н., професор.
43. **Мартинюк Петро Миколайович** – Національний університет водного господарства та природокористування, д.т.н., к.ф.-м.т., професор.
44. **Мінцер Озар Петрович** – Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, д.м.н., професор.
45. **Москальов Андрій Анатолійович** – ТОВ «INTELA LLC» (США).
46. **Опірський Іван Романович** – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., доцент.
47. **Осадчий Сергій Іванович** – Центральнотехнічний національний технічний університет, д.т.н., професор.
48. **Остапов Сергій Едуардович** – Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, д.ф.-м.т., професор.
49. **Павленко Петро Миколайович** – Національний авіаційний університет, д.т.н., професор.
50. **Панкратова Наталія Дмитрівна** – Навчально-науковий комплекс "Інститут прикладного системного аналізу" Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н., професор.
51. **Першина Юлія Ігорівна** – Українська інженерно-педагогічна академія, д.ф.-м.н., професор.
52. **Петрик Михайло Романович** – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, д.ф.-м.н., професор.
53. **Писаренко Валерій Георгійович** – Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, д.ф.-м.н., професор.
54. **Писарчук Олексій Олександрович** – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н., професор.
55. **Пукас Андрій Васильович** – Західноукраїнський національний університет, к.т.н., доцент.
56. **Пурський Олег Іванович** – Державний торговельно-економічний університет, д.ф.-м.н., професор.
57. **Рамазанов Султан Курбанович** - Державний вищий навчальний заклад «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», д.т.н., д.е.н., професор.
58. **Рассомахін Сергій Геннадійович** – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, д.т.н., професор.
59. **Роскладка Андрій Анатолійович** – Державний торговельно-економічний університет, д.е.н., професор.
60. **Сандраков Геннадій Вікторович** – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, д.ф.-м.н., професор.
61. **Сафоник Андрій Петрович** – Національний університет водного господарства та природокористування, д.т.н., професор.
62. **Саченко Анатолій Олексійович** – Західноукраїнський національний університет, д.т.н., професор.
63. **Семенов Сергій Геннадійович** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», д.т.н., професор.
64. **Сергієнко Анатолій Михайлович** – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н., доцент.
65. **Сіденко Євген Вікторович** - Чорноморський національний університет імені Петра Могили, к.т.н., доцент.

66. **Слюсар Вадим Іванович** - Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, д.т.н., професор.
67. **Снитюк Віталій Євгенович** – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, д.т.н., професор.
68. **Соколовський Ярослав Іванович** – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор.
69. **Сосницький Олександр Васильович** – Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, к.т.н., доцент.
70. **Стасюк Олександр Іонович** – Державний університет інфраструктури та технологій, д.т.н., професор.
71. **Стрижак Олександр Євгенійович** – Національний центр «Мала академія наук України», д.т.н., професор.
72. **Стрюк Олександр Сергійович** - Чорноморський національний університет імені Петра Могили, викладач.
73. **Терещенко Василь Миколайович** - Київський національний університет імені Тараса Шевченка, д.ф.-м.н., професор.
74. **Ткачов Віктор Васильович** – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», д.т.н., професор.
75. **Фісуненко Андрій Леонідович** – Samsung R&D Institute Ukraine, к.т.н.
76. **Халіков Руслан Халікович** - Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, к.філос.н.
77. **Харченко Вячеслав Сергійович** – Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», д.т.н., професор.
78. **Чертов Олег Романович** - Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н., професор.
79. **Чопоров Сергій Вікторович** – Запорізький національний університет, д.т.н., професор.
80. **Чумаченко Ігор Володимирович** – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, д.т.н., професор.
81. **Шаховська Наталія Богданівна** – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор.
82. **Шевченко Анатолій Іванович** – Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, чл.-кор. НАН України, д.т.н., професор.
83. **Шендрик Віра Вікторівна** – Сумський державний університет, к.т.н., доцент.
84. **Щокін Вадим Петрович** – Криворізький національний університет, д.т.н., професор.
85. **Яковина Віталій Степанович** – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор.
86. **Яковлев Сергій Всеволодович** – Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", д.ф.-м.н., професор.

**Анотація.** В статті пропонується для обговорення та внесення пропозицій проєкт Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022 – 2030 рр., яку створено Інститутом проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки України і Національної академії наук України. У проєкті враховано стратегії розвитку штучного інтелекту різних країн світу, зокрема Стратегію для НАТО щодо штучного розуму (2021), Концепцію розвитку штучного інтелекту в Україні (затверджену Розпорядженням Кабінету Міністрів України 2 грудня 2020 року №1556-р), а також багаторічний доробок вітчизняних наукових структур. Окремо надано елементи текстів учасників обговорення проєкту Стратегії з метою деталізації окремих її положень.

**Ключові слова:** штучний інтелект; нові проривні технології; обчислювальна машина зі штучним інтелектом.

Розвиток технологій штучного інтелекту є важливим трендом сучасності. Провідні світові компанії і держави приділяють велику увагу цьому питанню. Уже понад 50 держав світу створили й прийняли до виконання стратегії розвитку штучного інтелекту, в яких окреслили загальні напрями розвитку в цій сфері. Незважаючи на систематично недостатнє

фінансування наукових досліджень, Україна не може залишатися осторонь цих процесів. Тож у цій статті представляємо для обговорення та внесення пропозицій поточний проєкт Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Фахове обговорення сучасного стану проблематики штучного інтелекту відбулося під час проведення щорічних міжнародних науково-практичних конференцій «Штучний інтелект та інформаційні системи», зокрема XX-ої конференції (27 листопада 2020 року), у якому брала участь переважна більшість учених-інформатиків України (95 науковців), серед яких 52 доктори наук, що є спеціалістами зі штучного інтелекту. Треба зазначити, що на конференції завжди запрошуються і присутні представники бізнес-структур з метою комерціалізації результатів наукових досліджень. Як прототип штучного інтелекту було вирішено використати інтелект людини [1]. За підтримки Ради національної безпеки і оборони України (лист від 29.01.2021 № 271/16-07/2-21) Інститут проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України надіслав листи-запити у понад 300 різних організацій, зокрема у більшість міністерств України, наукових установ, державних і приватних закладів вищої освіти, комерційних організацій з метою визначення необхідності впровадження та використання технологій штучного інтелекту у їхній діяльності.

У період з 2021 р. по липень 2022 р. було проведено 10 спеціалізованих конференцій, низку наукових семінарів та засідань робочої групи за темою «Створення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні». Підсумки цих наукових дискусій знайшли своє застосування у Стратегії, що адаптована саме для України, зокрема враховано наявність наукових структур у сфері штучного інтелекту, високий загальний освітній рівень громадян. Окремо після тексту проєкту Стратегії наведено розширені додаткові матеріали авторів, які узагальнені у Стратегії та деталізують розгляд певних питань.

Під час підготовки Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні було ретельно вивчено подібні документи інших держав, а також Стратегію НАТО щодо впровадження штучного інтелекту [2]. Весь цей досвід було адаптовано до умов України і використано в тексті Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Аналіз наявних наукових досліджень, що проводяться в Україні у сфері інформатики і штучного інтелекту, дозволив зробити висновок: для виконання завдань Стратегії додаткового фінансування не потрібно. **Натомість наявне фінансування, що виділяється на сферу інформатики і штучного інтелекту, потрібно спрямувати на створення конкретних систем зі штучним інтелектом.** Спрямувати діяльність допоможе чітке визначення та обґрунтування об'єкта дослідження у цій сфері (наприклад, це може бути обчислювальна машина зі штучним інтелектом), що надає можливість проведення фундаментальних і прикладних досліджень для створення проривних технологій.

Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні створено на базі Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні, затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 р. №1556-р. [3]. Варто зауважити, що концепції виражають лише розуміння певної проблеми і не є керівництвом до дії, а стратегії передбачають більш глибоке осмислення об'єкта розробки, ніж концепції, і завжди зорієнтовані на досягнення конкретної мети. Порівняно з концепціями, стратегії є наступним етапом виконання планів щодо реалізації наявних напрацювань для визначення проривних технологій, наукового потенціалу й джерела фінансування. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає об'єднання зусиль науковців, які займаються цими питаннями, для виконання завдання створення машини нового покоління, чого не було і не могло бути передбачено у Концепції. З метою ілюстрації прикладного використання результатів досліджень за напрямками, визначеними у Стратегії, на завершення наводяться зразки створюваних розробок та технологій Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України.

Заявлені в Стратегії напрями розвитку штучного інтелекту в Україні співвідносяться зі світовими сучасними напрямками розвитку науки та технологій. Показано, що проривні технології в Україні можливо створити на основі тільки власних досягнень фундаментальної науки.

# **СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ НА 2022 – 2030 рр. (робочий варіант)**

## **ЗМІСТ**

Вступ .....	82
Розділ 1. Парадигма .....	82
Розділ 2. Основні поняття і напрями досліджень у сфері штучного інтелекту .....	83
2.1. Основні терміни та поняття .....	83
2.2. Основні напрями досліджень штучного інтелекту .....	84
Розділ 3. Мета і завдання Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні .....	86
Розділ 4. Стан розвитку сфери штучного інтелекту в Україні .....	87
Розділ 5. Світові стандарти сфери штучного інтелекту .....	88
Розділ 6. Система управління розвитком штучного інтелекту в Україні .....	90
Розділ 7. Штучний інтелект у пріоритетних сферах розвитку України.....	90
7.1. Штучний інтелект у сфері безпеки та оборони .....	90
7.2. Штучний інтелект у науковій діяльності та освіті.....	92
7.3. Штучний інтелект у медицині .....	92
7.4. Штучний інтелект у промисловості та енергетиці .....	93
7.5. Штучний інтелект у телекомунікаційній галузі .....	93
7.6. Штучний інтелект у транспорті та інфраструктурі .....	94
7.7. Штучний інтелект у сільському господарстві .....	94
Розділ 8. Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту.....	94
Розділ 9. Оцінка ефективності реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні .....	95
Розділ 10. Прикінцеві положення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні .....	96
Додаток. Функціональна модель обчислювальної машини зі штучним інтелектом.....	97
Додаткові матеріали до Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (2022 – 2030).....	98
Приклади імплементації заходів Стратегії у вигляді прикладних розробок та технологій.....	151

## ВСТУП

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні – документ національного рівня та загальнодержавного значення, який визначає пріоритетні напрями здійснення фундаментальних, прикладних та експериментальних досліджень, завдання і заходи щодо впровадження вітчизняних і світових технологій штучного інтелекту (ШІ) в інтересах національної безпеки та оборони, економічного й соціального розвитку України.

Штучний інтелект є однією з ключових технологій сучасності. Понад 50 країн світу, а також Північноатлантичний альянс (НАТО), вже створили й затвердили власні стратегії розвитку штучного інтелекту, щоб зафіксувати свої завдання й пріоритети у цій сфері, прискорити темпи свого науково-технічного та соціально-економічного розвитку.

У таких умовах Україна, володіючи достатнім науковим потенціалом, зобов'язана визначити коло завдань розвитку ШІ на декілька десятиліть, а також сформулювати закони й правила його використання для технологічних потреб суспільства. Разом з тим, незважаючи на поширення інформації про ШІ та фрагментарне застосування елементів цієї технології в окремих галузях, у повному обсязі штучний інтелект як систему створення нових знань і прийняття на цій основі рішень не розроблено. Дослідження проблем ШІ здійснюються переважно в прикладному та комерційному аспектах, без прогнозу на майбутнє та врахування ризиків. За допомогою прикладної науки людство обмежується побудовою хоч і високотехнологічного, але не ідеального суспільства – так званого суспільства Інтернету речей (*Internet of Things, IoT*), Інтернету всього (*Internet of Everything*).

**Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні створено з урахуванням наявних наукових структур у цій галузі, доробку науковців, які володіють необхідними знаннями, та високого загального освітнього рівня громадян.** Інформація, отримана від більшості міністерств і відомств, установ і організацій у сферах безпеки, оборони, науки, освіти, низки індустрій, маркетингу, логістики свідчить, що без упровадження систем штучного інтелекту в цих сферах їх подальший розвиток не буде ефективним. **Аналіз сучасних результатів фундаментальних, прикладних і експериментальних досліджень стосовно штучного інтелекту засвідчив наявність реальних можливостей створення проривних технологій на основі ШІ.**

Оскільки в процесі гострої конкурентної боротьби за високоінтелектуальні рішення використання технологій ШІ порівняні за своєю значущістю з освоєнням ядерних процесів і космосу, розробка нашими науковцями Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні та її реалізація є надважливим для держави проєктом.

## Розділ 1. ПАРАДИГМА

Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні розроблено з метою стійкого розвитку та широкого впровадження технологій ШІ, що стане дієвим засобом підвищення конкурентоспроможності України на міжнародній арені і забезпечить нашій державі гідне місце у світовому цивілізаційному процесі, а також покращить якість життя українських громадян. Досягнення цієї мети можливе за умови ефективного використання наукового потенціалу держави у сфері ШІ. Реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні має вирішити для нашої держави цивілізаційне завдання щодо утвердження належного місця й гідної ролі у сфері ШІ і в створенні екосистеми ШІ загалом. **Нам необхідно дати адекватну відповідь на виклики й загрози, пов'язані з технологічним відставанням України від розвинутих держав світу.**

У світі відбувається нова технологічна революція, яка розгортається на основі інтеграції зазначених технологій практично в усі сфери економіки й соціального життя. Формується фактично новий тип суспільства (Суспільство 5.0), виробничі ланцюжки якого,



логістика, соціальна інфраструктура будуть базуватися на ШІ. У найближчому майбутньому озброєність інтелектуальними технологіями, інтенсивність і ефективність їх упровадження стануть критерієм розвиненості тієї чи іншої національної економіки. Відповідно привабливість країн і регіонів, концентрація в них кваліфікованої робочої сили, об'єктів високотехнологічного виробництва, матеріальних і фінансових ресурсів, освітніх установ, інфраструктурних і культурних об'єктів залежатиме від ступеня впровадження ШІ.

Різні країни бачать подібні можливості у сфері розвитку та впровадження штучного інтелекту. У їхніх планах, концепціях і стратегіях найчастіше підкреслюється, що охорона здоров'я, технології, сільське господарство й виробництво є секторами з найбільшим потенціалом трансформацій за допомогою ШІ. Уряди цих країн розуміють потенціал цієї технології для збереження й можливого просування своїх конкурентних позицій в основних галузях промисловості.

**Розробляються концепції ризику, приділяється увага створенню нормативно-правової бази для систем ШІ (наприклад, коли вони виходять із ладу), дослідженню впливу алгоритмів на соціальну нерівність і необхідності підвищення прозорості, пов'язаної з системами ШІ.**

Спільним елементом вищезгаданих стратегій є необхідність дотримання правил конфіденційного використання даних, які стосуються проєктування, розгортання та застосування систем ШІ. Уряди країн усвідомлюють свою важливу роль у створенні засобів, які підтримують обмін даними між державним сектором і зовнішніми зацікавленими сторонами для прискорення інновацій у сфері ШІ.

За всієї подібності загальних завдань, принципів і методів, ці стратегії слід адаптувати до унікальних умов країни, що обумовлює різні шляхи руху до схожих загальних цілей. Це міркування має стати одним із перших дороговказів при реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту для України. Наша держава, яка на сьогодні не займає провідних світових позицій у науковому та промисловому секторах, змушена йти поки що у фарватері цих процесів, що негативно впливає на її конкурентний потенціал та національну безпеку. Мова йде про злам негативних тенденцій. Тому саме **Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні не лише визначає шляхи уникнення технологічної залежності нашої країни у сфері ШІ, але й покликана стати вагомим чинником усебічного сприяння її економічному, технологічному та політичному розвитку.**

## **Розділ 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

### **2.1. Основні терміни та поняття**

Дефініції, використані в цьому документі, враховують положення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні, підготовленої **Міністерством цифрової трансформації України** та схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 02.12.2020 № 1556-р, а саме:

**штучний інтелект – організована сукупність інформаційних технологій, із застосуванням якої можливо виконувати складні комплексні завдання шляхом використання системи наукових методів досліджень і алгоритмів обробки інформації, отриманої або самостійно створеної під час роботи, а також створювати та використовувати власні бази знань, моделі прийняття рішень, алгоритми роботи з інформацією та визначати способи досягнення поставлених завдань.**

Українська наукова школа штучного інтелекту запропонувала другий, паралельний напрям наукових досліджень ШІ, який передбачає створення в Україні проривної технології у сфері ШІ, що базується на застосуванні принципів і механізмів функціонування мозку людини, зокрема її свідомості.

Свідомість людини – фундаментальна соціально-когнітивна система людини, що є продуктом діяльності її мозку і спроможна сприймати й розпізнавати інформацію, створювати, формувати й систематизувати знання, навчатися, приймати самостійні мотивовані рішення залежно від поставлених завдань і наявних обставин, ураховуючи закони та правила соціуму.

Якісна оцінка результатів свідомої діяльності людини корелює з рівнем її інтелекту IQ (від англ. *Intelligence Quotient*), що є кількісною характеристикою інтелекту. **Отже першочерговим завданням у створенні штучного інтелекту є створення інтелектуальної системи, що формує штучну свідомість як модель функціонального апарату свідомості людини.**

На основі отриманих результатів у Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні представлено означення терміна «інтелект людини» та похідного від нього «штучний інтелект». **Подібно до свідомості людини, штучну свідомість машини запропоновано розглядати як об'єкт наукового дослідження. У цьому напрямі досліджень сформульовано вітчизняні означення:**

- **інтелект людини – система алгоритмів і програм, які генерують нові знання для розв'язання творчих завдань, створених і контрольованих свідомістю людини;**
- **штучний інтелект – система алгоритмів і програм для генерації нових знань і розв'язання творчих завдань, створених і контрольованих штучною свідомістю обчислювальної машини.**

**Функція штучної свідомості проявляється як глобальний самоорганізований інформаційний витвір діяльності обчислювальної системи, який оцінює і контролює ключові процеси, що в ній відбуваються, поширює інформацію між різними ділянками системи для узгодження їхньої роботи і забезпечує соціальне, особистісне сприйняття дійсності.**

З погляду технологічної реалізації, **штучна свідомість – емерджентний алгоритм контролю над інформаційними процесами та інтеграції роботи різних ділянок обчислювальної системи з можливістю заборони реалізації прийнятих системою рішень, який володіє знаннями про себе та про навколишнє середовище, здатен самонавчатися, отримувати нові знання та приймати самостійні, узгоджені з чинним законодавством і правилами суспільства рішення на основі цих знань, зумовлює внутрішню інтегрованість і зовнішню відокремленість цієї системи. Таке розуміння штучної свідомості узгоджується з Принципами відповідального застосування ШІ, викладеними у Стратегії НАТО щодо штучного інтелекту, зокрема з опцією деактивації системи, якщо вона почала поводитися непередбачувано.**

## 2.2. Основні напрями досліджень штучного інтелекту

На основі аналізу досліджень ШІ зроблено такі висновки.

**Фундаментальні наукові дослідження.** Наявні наукові дослідження та документи дозволяють визначити для України область прориву в наукових дослідженнях, що відбудеться у фундаментальній науці, зокрема у сфері штучного інтелекту. Для цього визначено найбільш перспективний напрям упровадження результатів фундаментальних досліджень у прикладну й експериментальну науку та виробництво. Поставлено завдання створити в Україні наукомісткий продукт у сфері інформатики та штучного інтелекту, який прийде на заміну теперішнім комп'ютерним системам. **Це відповідає баченню ШІ в Стратегії НАТО щодо штучного інтелекту, яка розглядає ШІ як засадничий засіб, що надає безпрецедентну можливість досягти технологічної переваги.**

Дослідження за напрямом, який відповідає другому означенню ШІ, передбачають розв'язання стратегічного завдання створення **проривної технології**, зокрема конкурентоспроможної обчислювальної машини нового покоління. Базова модель машини

(комп'ютер, штучна особистість) повинна мати ключовий інтелектуальний блок – **штучну свідомість** – і відзначатися високим рівнем **штучного інтелекту**, що забезпечить універсальність її використання.

Цей напрям передбачає об'єднання науки та бізнесу, а також активного використання інтелектуальних ресурсів країни.

У Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні запропоновано для виконання глобальний науково-технічний проєкт створення обчислювальної машини наступного покоління – **обчислювальної машини зі штучним інтелектом, створеної на основі традиційних технологій і на технологіях квантових обчислень**. Для реалізації цього проєкту запропоновано об'єднати наукові школи суміжних галузей науки для отримання нових знань і використання вже наявних знань, які отримані внаслідок досліджень природного інтелекту людини. Інформацію щодо функціональних, психологічних, нейробіологічних, хімічних аспектів роботи мозку людини доцільно покласти в основу квантових обчислень та алгоритму побудови універсальної обчислювальної машини зі штучним інтелектом як інструменту для отримання нових знань. Як один із можливих шляхів варто використати наявні функціональні схеми роботи мозку людини, зокрема функціональну схему формування інтелекту людини.

У додатку наведено функціональну схему машини нового покоління, що створена українськими ученими під назвою «**Функціональна модель обчислювальної машини зі штучним інтелектом**», яку можна використати як основу для подальших досліджень ШІ в особистісному контексті. Під час її створення було використано знання щодо побудови функціональної схеми свідомої діяльності людини з системою контролю за прийнятими рішеннями. Визначено основні та допоміжні системи – ті, що беруть участь у прийомі інформації, у її попередньому опрацюванні та у формуванні образів, системи короткочасної, довготривалої та генної пам'яті, а також системи контролю за виконанням законів і норм (совість), згідно з якими функціонує людське суспільство.

Ключовою умовою функціонування такої машини є необхідність урахування законів природи, духовних, моральних і правових законів і правил, прийнятих у міжнародному співтоваристві та в окремій державі. Такий підхід забезпечить прийняття оптимальних рішень в інтересах конкретної людини та людства в цілому.

У Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні запропоновано використовувати відомий «безперервний ланцюг» проведення й комерціалізації наукових досліджень. Схема має такий вигляд: **маркетингові дослідження наявності проривних технологій і результатів наукомістких досліджень у державі, визначення потенційного ринку збуту кінцевого наукомісткого продукту зі штучним інтелектом ↔ визначення й аналіз кадрового потенціалу та фінансових потоків для розв'язання поставлених завдань ↔ визначення об'єкта для проведення фундаментальних досліджень ↔ проведення фундаментальних досліджень ↔ проведення прикладних досліджень ↔ проведення експериментальних досліджень ↔ упровадження створених і наявних нових технологій для різних індустрій ↔ відтворення виробництва ↔ створення готової продукції ↔ ринок**.

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає можливість використання різних моделей і підходів, які сприятимуть створенню проривних технологій у сфері ШІ, зокрема квантових і нейроподібних комп'ютерів, систем машинного навчання.

**Прикладні та експериментальні наукові дослідження.** Наявні в Україні підприємства сфери виробництва потребують істотного відновлення та модернізації. Технологічний рівень вітчизняного виробництва комп'ютерної техніки та її елементної бази значно відстає від розвинених країн, водночас наявний потенціал науковців та їхніх досягнень належним чином не задіяно. Зростає кількість науковців, які беруть участь у міжнародних проєктах, що свідчить про активне використання іншими державами вітчизняного наукового потенціалу. Спільні міжнародні проєкти в Україні виникають

переважно хаотично, без розгляду їх доцільності для держави й без координації з єдиного центру. **Участь у таких проєктах, здебільшого дрібних, розпорошує зусилля науковців України й відволікає їх від постановки та розв’язання завдань державної ваги.**

Аналіз відомих сучасних закордонних проривних технологій і продуктів у сфері ШІ свідчить, що для їх створення завжди відбувалася концентрація колективів науковців і бізнесу, використовувалася схема швидкого впровадження наукових результатів у виробництво з виходом на міжнародний ринок.

У зв’язку з цим Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає створення механізмів упровадження вітчизняних прикладних та експериментальних розробок для пошуку проривних технологій і забезпечення важливих сфер життєдіяльності держави (безпека, оборона, діяльність уряду, космос, наука, освіта, медицина, промисловість, телекомунікація, сільське господарство тощо) новітніми технологіями та системами зі штучним інтелектом. Важливим кроком у цьому напрямі є реалізація Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 р. за № 1556 р.

### **Розділ 3. МЕТА І ЗАВДАННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ**

Метою Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні є створення основ для нового технологічного укладу, який забезпечить стійкий економічний розвиток держави та відповідний ріст добробуту і якості життя населення, виведе Україну на провідні позиції у світі в галузі інформаційних і комп’ютерних технологій завдяки ефективному використанню переваг і можливостей широкого впровадження ШІ в усі сфери суспільного життя.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі **завдання**:

- забезпечити організаційну та цільову фінансову підтримку наукових досліджень у сфері ШІ;
- забезпечити розробку та розвиток програмного забезпечення, яке використовує технології ШІ;
- підвищити доступність і якість даних, необхідних для розвитку технологій ШІ, з урахуванням норм і регламентів захисту даних;
- створити надійну комунікаційну інфраструктуру з використанням наявних обчислювальних потужностей;
- підвищити рівень забезпечення вітчизняного ринку технологій ШІ кваліфікованими кадрами;
- підвищити рівень інформованості населення про можливі сфери використання ШІ;
- забезпечити зростання попиту на продукти та послуги, створені та надані з використанням ШІ;
- створити комплексну систему регулювання суспільних відносин, які виникають у зв’язку з розвитком і використанням технологій ШІ.

Підготовка до виконання поставлених завдань потребує здійснення таких заходів:

- Створити нормативно-правову базу України, яка забезпечить захист об’єктів права інтелектуальної власності, зберігання й передачу даних та інформації з проблематики ШІ, отриманих при здійсненні економічної та наукової діяльності.
- Виокремити основні етапи впровадження технологій ШІ на державному рівні.
- Запропонувати базові організації та заклади, науково-технічний потенціал яких відповідає поставленим завданням.
- Визначити напрями підготовки спеціалізованих кадрів у сфері ШІ та оцінити їх необхідну кількість.
- Окреслити етапи та технологічну базу процесу впровадження технологій ШІ.

- Надати загальну оцінку необхідного обсягу фінансування процесу впровадження ШІ, в тому числі можливих інвестицій у галузь.
- Розробити державну цільову програму впровадження технологій ШІ в Україні.
- Стимулювати залучення інвестицій юридичних і фізичних осіб у розробку технологій ШІ.
- Виконувати міждисциплінарні дослідницькі проєкти у сфері ШІ в різних галузях економіки.
- Проводити патентні дослідження і регулярно їх актуалізувати.
- Розвивати дослідницьку інфраструктуру і забезпечити доступ науковців (дослідників) до обчислювальних ресурсів, баз і наборів даних, зокрема створити загальнонаціональні корпуси текстів та аудіофайлів української мови.
- Розвивати міжнародне співробітництво, включаючи обмін фахівцями, участь вітчизняних фахівців у міжнародних програмах і конференціях у сфері ШІ.

## **Розділ 4. СТАН РОЗВИТКУ СФЕРИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ**

Оцінка теперішнього стану досліджень у галузі ШІ в Україні необхідна для усвідомлення та бачення перспектив розвитку ШІ.

Нині застосування штучного інтелекту в Україні обмежується переважно приватним сектором економіки, базуючись на закордонних розробках. Нерідко такі розробки створені в Україні, але права інтелектуальної власності на них належать іноземним компаніям. Із кожним роком зростає ринок програмного забезпечення для дослідження і розробки технологій ШІ, все більше постачальників пропонують різні рішення ШІ для бізнесу. За даними мережі *LinkedIn*, в Україні наразі нараховується понад 2000 інституцій та компаній-розробників програмного забезпечення, що спеціалізуються у сфері ШІ. Серед них загальноновизнані в усьому світі компанії *Grammarly*, *Reface*, *Ring Ukraine (SQUAD)*.

У наукових установах і закладах вищої освіти України створено наукові колективи, що проводять дослідження у сфері ШІ і отримали низку вагомих фундаментальних і прикладних науково-технічних результатів, зокрема в Інституті кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, в Інституті проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України, в Інституті проблем реєстрації інформації НАН України, в Міжнародному науково-навчальному центрі інформаційних технологій і систем НАН України та МОН України, в Інституті проблем математичних машин і систем НАН України, в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», в Інституті прикладного системного аналізу НАН України і МОН України, в Національному університеті охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, в Національному університеті «Львівська політехніка», в Харківському національному університеті радіоелектроніки, в Національному університеті «Запорізька політехніка», в Одеському національному політехнічному університеті, в Чорноморському національному університеті ім. П. Могилі, в Національному університеті «Чернігівська політехніка», в Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана та в інших закладах України. З кожним роком в Україні зростає спільнота розробників ШІ. Проводиться багато конференцій, присвячених ШІ та машинному навчанню (AI & Big Data Day, AI Ukraine, Міжнародна конференція «Штучний інтелект та інтелектуальні системи» та багато інших).

Готові до впровадження низка розробок для оборонної сфери – це багатофункціональні роботи, насамперед для пошуку вибухових пристроїв, ефективні технології керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА), підводні роботи, зокрема:

- технології систем виявлення, розпізнавання та ідентифікації БПДА, а також створення бортової системи автономної навігації таких апаратів зі штучним інтелектом в умовах перешкод різних типів;
- інтелектуальна система відеоспостереження спеціального призначення;
- довгострокова інтелектуальна вогнева система у броньованому корпусі з автоматизованим розпізнаванням і знищенням наземних цілей;
- інтелектуальна інтегрована система моніторингу фізіологічних показників організму людини в умовах бойових дій;
- теоретичні та методичні засади інтелектуального прогнозування та управління біотехнічними системами в різних умовах на основі образної та сенсорної інформації.

Із небагатьох напрямів науково-технічної діяльності, на яких вітчизняна наука спроможна продемонструвати результати світового рівня, розробки за напрямом «Штучний інтелект» вирізняються суттєвими досягненнями фундаментального та прикладного характеру. Наразі у світі створено та впроваджено лише фрагментарні розробки ШІ, і світова наука перебуває лише на порозі створення повноцінного ШІ. Україна значно відстає від провідних держав у темпах і обсягах **упровадження** таких розробок, але має необхідний потенціал **фундаментальних знань** для здійснення **прориву** в створенні цілком нових технологій у сфері ШІ.

Водночас відсутність належного цільового фінансування й концептуального бачення розвитку сфери ШІ призводить до розпорошення ресурсів, втрат кадрового потенціалу, зрештою до відтоку фахівців і перспективних учених, які виїжджають у країни з більш сприятливими умовами для наукових досліджень.

## Розділ 5. СВІТОВІ СТАНДАРТИ СФЕРИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

На сьогодні жодна держава у світі не спроможна ізолювано від інших працювати над створенням і впровадженням ШІ: лише міжнародне співробітництво науковців здатне забезпечити просування капіталомістких високих технологій ШІ. Україна як частина європейської спільноти держав і член Спеціального комітету зі штучного інтелекту при Раді Європи має орієнтуватися перш за все на стандарти НАТО, ЄС, Ради Європи та інших загальноєвропейських інституцій щодо ШІ.

**Стратегія НАТО щодо штучного інтелекту, прийнята в жовтні 2021 року з метою прискорити впровадження ШІ, трактує ШІ як можливість досягнення технологічної переваги, але водночас і як джерело загроз, і ставить такі цілі:**

- створення для НАТО та союзників основи для подання прикладу та заохочення відповідальності в ході розвитку та використання ШІ для безпеки та оборони;
- прискорення та активне просування впровадження ШІ;
- захист і моніторинг технологій ШІ та інноваційних можливостей з урахуванням міркувань політики безпеки, таких як практичне застосування Принципів відповідального використання;
- виявлення та захист від загроз зловмисного використання ШІ.

У майбутньому Альянс намагатиметься у взаємосумісний спосіб інтегрувати ШІ для підтримки своїх ключових завдань.

У документі сформульовано такі **Принципи відповідального використання ШІ**.

1. **Законність:** застосунки ШІ будуть розроблятися та використовуватися відповідно до національного та міжнародного права, включаючи, за необхідності, міжнародне гуманітарне право та законодавство щодо прав людини.
2. **Відповідальність і підвітність:** застосунки ШІ будуть розроблятися та використовуватися з належним ступенем розсудливості та обережності.

3. **Пояснюваність і відстежуваність:** програми ШІ будуть пояснюваними та прозорими, зокрема завдяки використанню методології, джерел і процедур огляду.
4. **Надійність:** додатки ШІ матимуть конкретні, чітко визначені варіанти використання. Безпека, захист даних і надійність таких можливостей будуть підлягати перевірці та гарантії.
5. **Керованість:** програми ШІ мають розроблятися та використовуватися відповідно до передбачених функцій, забезпечувати належну взаємодію людини та машини і здатність виявляти непередбачені наслідки й уникати їх, а також здатність уживати заходи, якщо ці системи почнуть поводитися непередбачувано.
6. **Зниження упередженості:** робитимуться активні кроки щодо мінімізації упередженості при розробці та застосуванні прикладних технологій ШІ, а також у масивах даних.

Рекомендації Ради Європи з питань ШІ від 22 травня 2019 року (*OECD Legal Instruments*) встановлюють **принципи діяльності з розвитку ШІ**.

- Інклюзивний ріст, стійкий розвиток і загальний добробут. Будь-яка діяльність з розвитку ШІ має сприяти подоланню економічної, соціальної та інших видів нерівності, захисту навколишнього середовища, сталому розвитку та підвищенню добробуту і якості життя населення.
- Людиноцентричні цінності та чесність. Процес розвитку ШІ мусить забезпечувати верховенство права, демократичні цінності та права людини, в тому числі право на працю, захист приватної інформації, чесність, суспільну справедливість, а також надавати громадянам можливість отримувати знання й набувати навички для успішної адаптації до впровадження технологій ШІ.
- Прозорість і зрозумілість. Розробники ШІ мають бути відкритими та готовими пояснити зміст власних розробок, сприяти подоланню страхів людей стосовно нових технологій.
- Безпека та надійність. Системи ШІ мають бути безпечними та надійними протягом усього життєвого циклу. Особи та організації, що займаються розвитком ШІ, мають забезпечити надійний ризик-менеджмент і контроль кожного етапу життєвого циклу технологій ШІ, аналіз їхньої стабільності та безпечності. Крім того, системи на базі ШІ не повинні мати можливостей зумисного заподіяння шкоди громадянам і юридичним особам. Усі ризики виникнення негативних наслідків використання технологій ШІ повинні бути мінімізовані.
- Звітність. Всі сторони, що беруть участь у розвитку технологій ШІ, повинні бути підзвітними суспільству стосовно виконання зазначених принципів.
- Цілісність інноваційного циклу. Сторони мусять забезпечувати тісну взаємодію наукових досліджень і розробок в області ШІ з реальним сектором економіки.
- **Технологічна незалежність. Держава повинна забезпечити необхідний рівень незалежності країни в сфері штучного інтелекту, зокрема за допомогою переважного використання національних технологій і технологічних рішень, розроблених на основі ШІ.**

На Генеральній конференції ЮНЕСКО 21 листопада 2021 року 193 країни, включаючи Україну, ухвалили глобальні етичні стандарти для штучного інтелекту, які виділяють чотири основні напрями регулювання поведінки ШІ:

- захист даних;
- соціальна оцінка та масове спостереження;
- контроль;
- захист навколишнього середовища.

У ЮНЕСКО очікують, що ці стандарти сприятимуть ефективному використанню переваг машинних алгоритмів і водночас знизять ризики, пов'язані з прозорістю та конфіденційністю.

У Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні враховано та буде застосовано світові стандарти ШІ.

## Розділ 6. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ

Успішна реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні потребує належного управління науковими й технічними процесами, пов'язаними з дослідженнями та впровадженням ШІ. Необхідно створити нормативно-правову базу щодо розвитку та впровадження штучного інтелекту, яка відповідає світовим стандартам, а також стандартам НАТО, і гармонізована з нормами країн, де технології ШІ активно застосовуються та постійно розвиваються. Потрібно прийняти окремий закон «Про штучний інтелект», а також відповідні постанови органів виконавчої влади, підзаконні акти та інструкції, приєднатися до вже наявних міжнародних договорів і конвенцій, ініціювати скликання міжнародних конференцій *ad hoc* для вирішення питань кодифікації штучного інтелекту.

Виконавчий орган системи управління та регулювання ШІ в Україні повинен забезпечувати стійкий розвиток технологій ШІ, ефективний контроль над ними, а його діяльність має ґрунтуватися на базових етичних нормах і принципах:

- пріоритет добробуту людини (мета забезпечення добробуту людини повинна переважати над іншими цілями розробки та застосування систем ШІ);
- заборона на заподіяння шкоди з ініціативи систем ШІ (за загальним правилом, слід обмежувати розробку та застосування систем ШІ, здатних цілеспрямовано заподіювати будь-яку шкоду людині);
- підконтрольність людині (тією мірою, якою це можливо з урахуванням необхідного ступеня автономності систем ШІ);
- проєктована відповідність законам (застосування систем ШІ не повинно свідомо для розробника призводити до порушення правових норм);
- проєктована безпека даних (при розробці систем ШІ повинен забезпечуватися достатній рівень особистої та громадської безпеки).

Для реалізації стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні необхідно запровадити механізми підтримки фундаментальних науково-дослідних та прикладних розробок і впровадження ШІ у виробництво товарів і надання послуг, зокрема створити **Комітет з питань розвитку та впровадження штучного інтелекту** при Кабінеті Міністрів України.

Загальне керівництво щодо реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні повинен здійснювати Кабінет Міністрів України, а координацію – **Комітет з питань розвитку та впровадження штучного інтелекту**. Науковий супровід реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні має здійснювати створений на базі Інституту проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України **Науковий центр штучного інтелекту (НЦ ШІ)**.

До 2030 року повинна запрацювати гнучка **система нормативно-правового та етичного регулювання в сфері ШІ**, яка, зокрема, гарантуватиме безпеку населення і буде спрямована на стимулювання розвитку технологій і систем ШІ.

## Розділ 7. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПРІОРИТЕТНИХ СФЕРАХ РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

### 7.1. Штучний інтелект у сфері безпеки та оборони України

Пріоритетне місце в Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні займає напрям розробки та впровадження передових технологій ШІ у сферу безпеки та оборони з урахуванням положень **Стратегії НАТО щодо штучного інтелекту, Указу Президента**



**України від 25 березня 2021 року за №121 «Про Стратегію воєнної безпеки України» та Стратегії розвитку оборонно-промислового комплексу України**, зокрема в системи управління військами та логістики в мирний час і в період воєнного стану. Це дозволить уже в початковий період вирішити складні безпекові та оборонні завдання держави.

Реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні дозволить широко впровадити технології ШІ у сферу оборони і безпеки і стане каталізатором ефективного розвитку оборонно-промислового комплексу нашої держави.

Технології ШІ буде застосовано для підтримки прийняття рішень у процесі підготовки стратегічних операцій і тактичних бойових дій; у системах управління та керування високоточною та космічною зброєю, підводними, наземними та повітряними безпілотними апаратами, розвідувальними й ударними системами; для аналізу супутникових зображень і кіберзахисту; для автоматизації трудомістких операцій у будівництві військових інженерних споруд.

В інформаційному та кібернетичному просторі ШІ значно розширює можливості накопичення й опрацювання даних, а також створення агрегованих даних. При виконанні розвідувальних операцій це даватиме синергетичний ефект.

Водночас мусимо враховувати виклики та загрози, пов'язані з руйнівними можливостями ШІ, що являє собою глобальну небезпеку. У цьому сенсі важливим безпековим напрямом мають стати розробки систем ШІ для протидії високоінтелектуальній зброї противника, проведення досліджень з безпеки ШІ. Для цього буде створено відповідні науково-дослідні організації. Також необхідно розробити й впровадити нормативно-правові документи, які регулюють використання ШІ подвійного призначення.

Необхідно впроваджувати методи й технології ШІ у сферу кібербезпеки держави, щоб забезпечити своєчасне запобігання та ефективне стримування викликів і загроз, які виникають у кіберпросторі, забезпечити ефективну боротьбу з кіберзлочинністю та кібертероризмом, завчасно забезпечити розвідувальну та контррозвідувальну діяльність відповідних державних служб.

Важливим напрямом упровадження ШІ в оборонній сфері є використання інтелектуальних мобільних систем з метою перевантажити їх ресурсів. Створення таких інтелектуальних мобільних систем відповідає світовим трендам, відомим під назвами «Мозаїчні війни» та «Багатодоменні операції». З урахуванням поширення та нарощування спроможностей космічної зброї виникає нагальна потреба впровадження методів і технологій ШІ у вітчизняній космічній індустрії. **Створення окремими країнами космічних військ і розміщення в космічному просторі лазерної зброї невідворотно потребує організації протидії та прийняття миттєвих рішень, в основі яких буде ШІ.**

Науковцям необхідно у найкоротші терміни сформулювати концептуальні підходи та бачення дієвих рішень щодо застосування ШІ для здійснення моніторингу та опрацювання астрономічних даних, створення інтелектуальних систем навігації та адекватних оборонних систем впливу на самокеровані космічні апарати, автономні космічні зонди, інтелектуальні системи автоматичного керування ракетами, розумні інтерфейси пілотованих космічних кораблів. Це допоможе Україні зберегти і зміцнити свій статус космічної держави.

**Актуальним є також упровадження штучного інтелекту в мобільні системи, зокрема в безпілотні літальні апарати, наземні та підводні роботи для боротьби з літальними апаратами, підводними й надводними човнами противника.** Виходячи зі сфер застосування, основними напрямками впровадження штучного інтелекту в мобільні системи, до яких належать і БПЛА, слід визнати машинне (зокрема глибоке) навчання, комп'ютерний зір і розпізнавання образів, аналіз великих даних, розпізнавання мовлення, стійкі системи зв'язку, мультиагентні технології управління та організації роїв автономних роботів.

## **7.2. Штучний інтелект у науковій діяльності та освіті**

Національна стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає розвиток основних напрямів ШІ як окремих наукових напрямів: нечіткі множини та нечітка логіка, штучні нейронні мережі, гібридні нейронечітки та нечітко нейронні мережі, біоінспіровані метаевристичні алгоритми оптимізації (еволюційні та мультиагентні алгоритми, алгоритми, що імітують фізичні та інші процеси), комп'ютерний зір, опрацювання природної мови (машинний переклад, розпізнавання та синтез мовлення, ідентифікація мови, резюмування, розпізнавання іменованих об'єктів, аналіз емоційного забарвлення тощо), біоінформатика, машинне навчання і подібне. Передбачено впровадження методів і технологій ШІ в інших сферах науки та освіти, а також розвиток міждисциплінарних досліджень на перетині штучного інтелекту та інших галузей науки.

Планується впровадження навчальних дисциплін, які будуть вивчати ШІ на різних етапах освіти, а саме: в середній школі, професійно-технічних закладах, вищих навчальних закладах.

Буде розширено, уніфіковано і систематизовано мережу навчальних центрів, спрямованих на підготовку висококваліфікованих кадрів для України у сфері штучного інтелекту.

## **7.3. Штучний інтелект у медицині**

У медичній галузі Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає виконання заходів, спрямованих на підвищення якості та тривалості життя громадян України, зокрема:

- створення за допомогою ШІ національної системи консультування жителів України за адресою проживання, що засноване на аналізі штучним інтелектом клінічних, генних і поведінкових даних;
- формування на основі технологій ШІ загальнодержавної електронної платформи охорони здоров'я, яка забезпечує зберігання, цільове використання та захист персоніфікованих даних щодо здоров'я громадян на місцевому, регіональному та національному рівнях;
- упровадження технологій ШІ при створенні прогресивних систем своєчасної цілодобової медичної діагностики (віртуальних консультантів, кібернетичних експертів тощо);
- створення за допомогою ШІ ситуаційного національного центру аналізу епідеміологічних ситуацій, застосування нейромережових і нейронечітких технологій для моніторингу, моделювання та прогнозування таких ситуацій;
- забезпечення когнітивної гармонізації в сімейній медицині (в системі «лікар – пацієнт»);
- диверсифікація медицини в контрольовану штучним інтелектом ширшу соціальну сферу, яка використовує всі форми даних про здоров'я, включаючи геноміку, метадані, електронні медичні картки та біометрію для забезпечення здоров'я населення;
- упровадження інструментів взаємодії з пацієнтами на основі ШІ (чат-боти, мобільні пристрої тощо);
- навчання пацієнтів щодо прийняття поінформованих рішень, самоконтролю стану здоров'я та профілактики за допомогою ШІ;
- пріоритезація (ранжування) груп пацієнтів за ризиками і ведення проактивного втручання за допомогою технологій ШІ;
- дослідження соціальних детермінант охорони здоров'я та управління здоров'ям населення за допомогою технологій ШІ.

## 7.4. Штучний інтелект у промисловості та енергетиці

У сфері промисловості та енергетики Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає:

- впровадження передових технологій ШІ для створення повністю автоматизованих промислових підприємств;
- застосування ШІ в нечітких експертних системах і системах підтримки прийняття рішень для керування підприємством на стратегічному й тактичному рівнях;
- застосування ШІ в нейроподібних і нейронечітких пристроях і підсистемах для керування вузлами та агрегатами підприємства на виконавчому рівні;
- застосування технологій ШІ для розв’язання завдань аналізу інформації, планування, прогнозування щодо створення стратегії енергобезпеки держави;
- прогнозування, постійна діагностика критично важливих несправностей, розпізнавання дефектів, запобігання раптовому виходу обладнання з ладу шляхом діагностики в процесі експлуатації, предикативне технічне обслуговування й ремонт обладнання та прогнозування його ресурсу;
- оптимізацію режимів роботи обладнання і технологічних процесів;
- гнучке управління енергоспоживанням для підвищення енергоефективності;
- прогнозування відмов обладнання, оптимізацію планування поставок, виробничих процесів і прийняття фінансових рішень;
- визначення **технологічних пріоритетів досліджень з урахуванням обмеженого ресурсу** – зокрема тих, які не потребують **значних інвестицій**, даючи при цьому значну конкурентну перевагу на світових ринках через масове використання ШІ і алгоритмів машинного навчання.

Роботи на базі ШІ можуть працювати на виробничій лінії безперервно. Підприємства можуть розширити свої виробничі можливості завдяки підвищеній інтенсивності виробництва.

Збільшення компонентів ШІ у виробничих процесах означає меншу кількість працівників, які виконують небезпечну, шкідливу та стресову роботу, що призведе до зниження кількості нещасних випадків і негативного впливу на здоров’я, а отже підвищить **безпеку експлуатації**. ШІ також відкриває широкі можливості для розвідки корисних копалин, оскільки підприємствам та компаніям більше не доведеться ризикувати людським життям.

## 7.5. Штучний інтелект у телекомунікаційній галузі

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає такі заходи щодо впровадження ШІ в телекомунікаційній галузі:

- розвиток інфраструктури мобільного зв’язку (5G, *IoT*, 6G, периферійних обчислень (Edge computing)), адже саме наявність інфраструктурних рішень створює потенційні можливості для появи та розвитку інновацій (як приклад – сучасний розвиток нейронних мереж і технологій комп’ютерного зору та розпізнавання образів);
- упровадження ШІ у процес вирішення класичних завдань для мобільних операторів (попередження відтоку абонентів, формування гнучких тарифних планів для абонентів, виявлення шахрайських дій зловмисників тощо);
- створення і впровадження систем ШІ для геотаргетування та визначення оптимального місцезнаходження нових точок продажів, аналізу та виявлення закономірностей у певному цільовому сегменті, вироблення релевантних пропозицій новим клієнтам тощо).

Формування масиву знеособлених і усереднених геоданих користувачів мобільного зв'язку і розміщення цих даних у відкритому доступі може сформувати в Україні принципово новий ринок для малого та середнього бізнесу зі створення та надання різноманітних послуг і сервісів, побудованих на основі аналізу цих даних.

## **7.6. Штучний інтелект у транспорті та інфраструктурі**

У сфері транспорту та інфраструктури Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає:

- впровадження передових технологій ШІ для створення автономних транспортних засобів, а також повністю автоматизованих об'єктів інфраструктури;
- проведення розробок у сфері керування автономними транспортними засобами;
- інтелектуальне керування дорожнім рухом;
- створення системи раннього попередження про необхідність заміни та ремонту інфраструктури;
- прогнозування подорожей;
- оптимізацію транспортних маршрутів.

Система автономного громадського транспорту є перспективним напрямом еволюції муніципальних перевезень, оскільки транспортні засоби зі ШІ потенційно набагато менш шкідливі для довкілля. Оптимізація маршрутів та інтервалу руху може призвести до зменшення споживання пального та значно знизити рівень викидів парникових газів.

## **7.7. Штучний інтелект у сільському господарстві**

У сільському господарстві Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає підтримку стартапів з використанням ШІ, впровадження передових технологій ШІ при створенні системи підтримки прийняття рішень і систем керування об'єктами сільського господарства та їх контролю. Зокрема планується застосовувати агропромислові дрони, робити аналіз даних посівів зернових культур на основі штучних нейронних мереж, впроваджувати ШІ у садівництві для боротьби з хворобами рослин і шкідниками тощо. Безпілотні літальні апарати допомагають визначати точні площі культур, здійснювати аудит та інвентаризацію земельних ділянок, визначати наявність дефектів у посівах, проводити аналіз урожайності посівів, здійснювати моніторинг і контроль систем меліорації.

## **Розділ 8. НАУКОВЕ, КАДРОВЕ ТА МАТЕРІАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОСИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні потребує системного підходу до реалізації її завдань, що включає належне наукове, кадрове та матеріальне забезпечення її виконання. Для цього потрібна державна підтримка, а також широке залучення коштів приватного сектору й венчурного капіталу.

Основи теорії ШІ та штучних нейронних мереж доцільно запровадити як окрему навчальну дисципліну в середній школі та в усіх стандартах вищої освіти в Україні. При цьому основну увагу слід зосередити на втіленні наочних, інтерактивних програмних засобів побудови і глибокого навчання штучних нейронних мереж, засвоєнні технологій опрацювання природної мови та комп'ютерного зору.

До 2030 року в Україні будуть реалізовані освітні програми світового рівня для підготовки висококваліфікованих фахівців і керівників у сфері штучного інтелекту. Українські освітні організації повинні займати провідні позиції в світі за окремими напрямками в цій сфері. Дефіцит фахівців цієї галузі потрібно усунути, в тому числі за рахунок залучення провідних іноземних фахівців, які мають учений ступінь. Фінансування наукових досліджень буде здійснюватися за рахунок державного бюджету і венчурного капіталу. Фундаментальні дослідження будуть фінансуватися за рахунок уже передбачених на наукові дослідження бюджетних коштів, які держава щороку виділяє для МОН України і НАН України на виконання проєктів, що пройшли конкурсний відбір. У цих проєктах повинні брати активну участь учені, які взяли на себе відповідальність за створення основ теорії штучного інтелекту для їх подальшої конкретної реалізації в прикладних розробках. Українським науковцям буде рекомендовано брати участь у цих конкурсах. Крім того, буде можливість узяти участь у конкурсах прикладних проєктів, для яких передбачається змішане фінансування: 51-60 % коштів – за рахунок участі закладів вищої освіти і науково-дослідних організацій у конкурсах наукових проєктів (щоб зберегти за державою інтелектуальну власність) і 40-49 % коштів за рахунок внесків приватного сектору.

## **Розділ 9. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ**

Як свідчить аналіз ринку праці в Україні та за її межами, штучний інтелект не став фактором зростання безробіття внаслідок звільнення мільйонів працівників через упровадження новітніх технологій, як прогнозували скептики. Навпаки, поширення ШІ сприяло створенню багатьох нових робочих місць і спеціальностей більш високої кваліфікації. Це явище стало особливо характерним для ринку праці у сфері інформаційних технологій.

Розвиток ШІ в Україні істотно вплине на ринок праці в майбутньому. Відсоток робочих місць буде змінено під впливом цифрових трансформацій (від 10 % до 40 % за прогнозом низки країн ЄС) і певна кількість наявних на сьогодні професій зазнає серйозних змін. Крім того, розвиток і широке впровадження технологій ШІ призведе до появи багатьох нових робочих місць, деяким співробітникам доведеться змінити роботу, а також змінювати офіційні стосунки з роботодавцями та частіше оновлювати свої навички. До базових цифрових навичок можна віднести такі:

- аналіз даних із застосуванням програмного забезпечення, прийняття на цій основі рішень;
- ІТ-навички та навички програмування;
- навички розробки, проєктування та обслуговування технологій;
- знання та навички для моделювання, взаємодії та підвищення довіри до машинних агентів/роботів (комфортність співпраці «людина-машина»);
- базові навички введення даних та роботи з ними;
- опрацювання та інтерпретація складної інформації;
- навички вирішення проблем у вибудуваній завдяки цифровим технологіям співпраці в командах (міжкультурних або дистанційних).

Таким чином, можливості підвищення кваліфікації та перекваліфікації як на робочому місці, так і за допомогою навчальних програм, ставатимуть дедалі важливішими.

Для оцінки ефективності реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні буде розроблено індикатори, які визначатимуть прогрес у пріоритетних сферах розвитку України та ріст добробуту і якості життя її громадян.

## **Розділ 10. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ**

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні розрахована на період 2022–2030 років і її реалізація буде здійснюватись у два етапи:

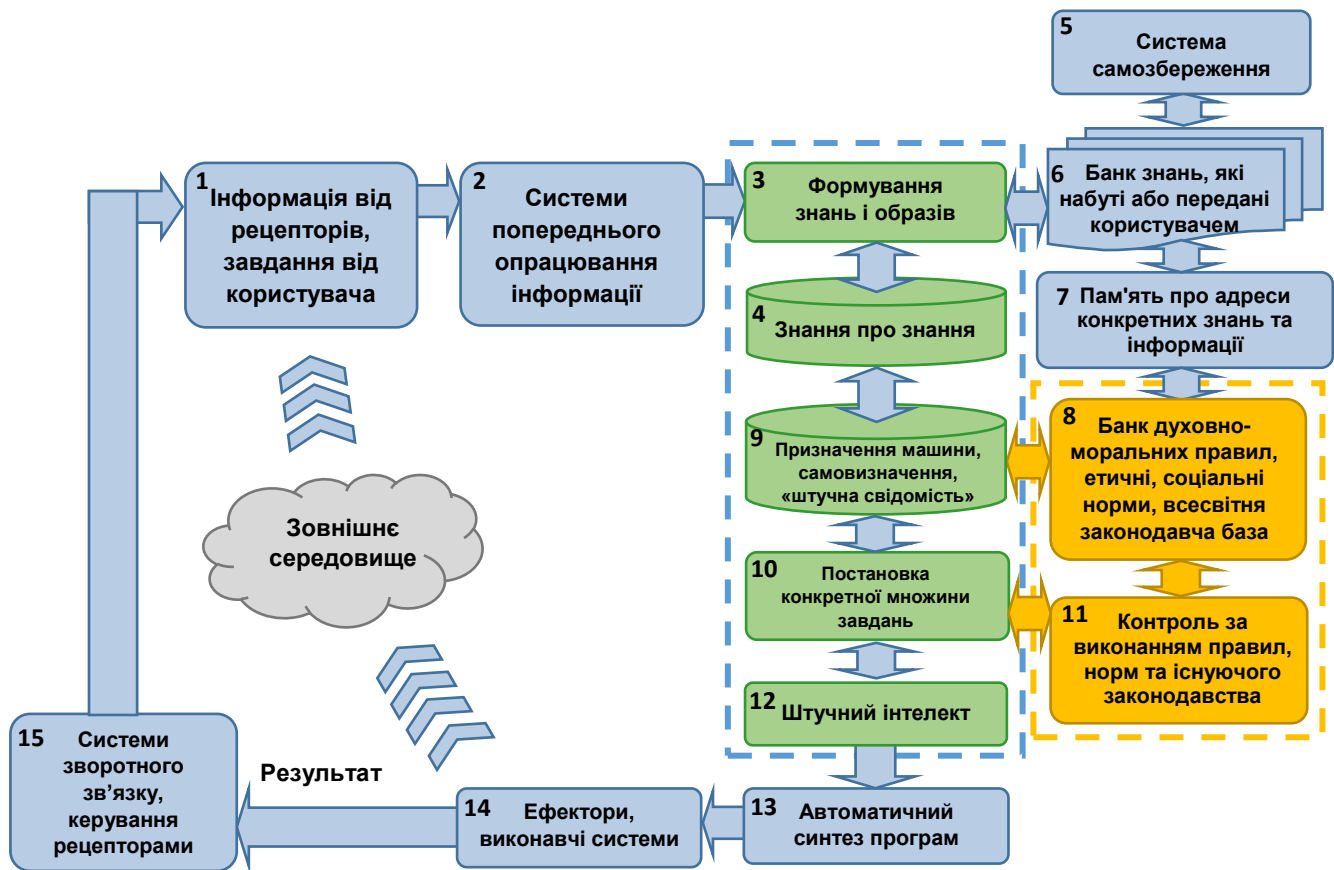
- I етап – 2022–2025 рр.;
- II етап – 2026–2030 рр.

Основним механізмом реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні є щорічні плани заходів, розроблені **Комітетом з питань розвитку та впровадження штучного інтелекту і затверджені Кабінетом Міністрів України.**

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні ґрунтується на Конституції України, а також на положеннях законів України «Про національну безпеку України», «Про наукову і науково-технічну діяльність», «Про вищу освіту», «Про авторське право і суміжні права», «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі», «Про охорону прав на промислові зразки» та Указу Президента України від 14 вересня 2020 року № 392 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України».

**Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні є основою для підготовки державних програм і нормативно-правових актів, які стосуються розвитку ШІ в Україні.**

## Функціональна модель обчислювальної машини зі штучним інтелектом



## **Додаткові матеріали до Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022 – 2030 рр.**

**Білокобильський О. В.**

### **До розділу 3. «Мета і завдання Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні»**

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає:

- забезпечення функціонування «розумних» систем, що базуються на технологіях Інтернету речей, розвиток мереж розподілених датників та опрацювання отриманих даних за допомогою технологій ШІ;
- розвиток національних електронних мереж, баз даних, хмаринних сховищ і хмаринних обчислень, які забезпечують безпечну передачу даних;
- забезпечення національного резерву обчислювальних потужностей;
- підготовку та працевлаштування необхідної кількості кваліфікованих фахівців;
- удосконалення впровадження технології ШІ в сфері біотехнологій, геномних досліджень, національної системи охорони здоров'я;
- розвиток технологій, які доповнюють людську працю, зокрема автономних систем і робототехніки в сферах, де людська праця стикається з небезпекою;
- упровадження технологій ШІ в сфері національної безпеки, кібербезпеки та сфері захисту даних;
- інтенсифікацію національних досліджень у сфері ШІ;
- істотне покращення стану фундаментальних досліджень і технологій за допомогою ШІ, зокрема в квантовій інформатиці, нанотехнологіях, розробці нових матеріалів, авіаційній та космічній промисловості, мікроелектроніці;
- значне покращення цифрової грамотності населення України;
- забезпечення необхідного управлінського, матеріального та фінансового супроводу реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

### **До розділу 6. «Система управління та регулювання штучного інтелекту в Україні»**

Велику увагу слід приділити створенню центрального органу виконавчої влади, що здійснює державну політику в сфері ШІ – Ради з питань безпеки розробок у сфері ШІ. Цей орган об'єднає представників основних зацікавлених сторін: Уряду, наукової спільноти, громадянського суспільства, бізнесу та буде підзвітний Прем'єр-міністру України. Ключова мета цього органу – моніторинг розробок у сфері ШІ на предмет відповідності пріоритетам, визначеним у Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні, а також «Законі про ШІ» та інших нормативних документах, зокрема пріоритету безпеки та етичних норм і принципів.

Рада з питань безпеки розробок у сфері ШІ працюватиме за такими напрямками діяльності:

- координація діяльності українських і міжнародних акторів, що працюють в Україні над розробками в сфері ШІ, створення та розвиток майданчика для об'єднання зусиль і забезпечення синергії;
- попередня оцінка систем ШІ з високим ризиком для життя громадян і стабільності суспільства на відповідність принципам та етичним нормам, визначеним у Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні;
- ліцензування розробок у сфері ШІ з високим ризиком, які стосуються стратегічно важливих напрямів народного господарства;
- періодичний моніторинг упроваджених систем ШІ з високим ризиком протягом циклу їх упровадження задля визначення їхнього впливу на суспільство і можливої корекції роботи цих систем;



- перевірка українських розробок у сфері ШІ на відповідність європейським стандартам безпеки та захисту даних, приватності, прозорості тощо, співпраця з європейськими та іншими міжнародними регуляторами розробок у сфері ШІ;
- підготовка пропозицій щодо змін у чинних нормативних документах або щодо прийняття нових нормативних документів у сфері ШІ з урахуванням постійного розвитку та змін у функціоналі систем ШІ;
- моніторинг діяльності органів виконавчої влади щодо імплементації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні, підготовка пропозицій стосовно вдосконалення процесу імплементації;
- організація заходів з підвищення кваліфікації для державних посадовців, які працюють із системами ШІ, а також координація впровадження освітніх програм у сфері ШІ в українських ЗВО;
- організація заходів для підвищення обізнаності громадян України стосовно новітніх розробок у сфері ШІ, а також сприяння підвищенню довіри до таких розробок завдяки впровадженню прозорих стандартів безпеки.

## **До підрозділу 8.2. «Штучний інтелект у медицині»**

У галузі охорони здоров'я необхідно зосередитися на декількох напрямках:

### **1.Формування загальнодержавної електронної платформи охорони здоров'я**

На державному рівні створюється національна платформа охорони здоров'я, де зберігаються анонімні біомедичні дані, анонімізовані копії медичних карток, зображення, результати обстежень тощо. Платформа дозволить аналізувати національні дані про стан здоров'я громадян, буде сприяти науковим дослідженням, зокрема при розробці медичних препаратів, технологій, засобів. Доступ до бази анонімізованих даних буде відкритим для досліджень і статистичного аналізу.

### **2.Забезпечення обміну даними та їхнього використання на місцевому, регіональному та національному рівнях**

Зважаючи на розвиток інформаційних систем «розумного міста» та Інтернету речей, в яких, за експертними оцінками, в 2025 році буде використовуватися до 1 трильйона підключених до Інтернету датників, найближче майбутнє української медицини буде також пов'язане з поширенням персоналізованих медичних послуг, обміном даними між різними установами та пацієнтами (зокрема за допомогою телеметрії), опрацюванням великих масивів даних та аналізом їх засобами ШІ тощо. Відповідні зміни неможливі без створення надійних і швидких електронних мереж зв'язку. Уряд буде сприяти розгортанню широкосмугового зв'язку та технології 5G.

### **3.Реалізація глибокого навчання та наукових досліджень у медичній сфері**

Глибоке навчання стає основою сучасних медичних технологій у сфері опрацювання зображень та інших даних об'єктивної діагностики й автономних роботизованих технологій виявлення аномалій. Тому держава всебічно сприяє науковим дослідженням та розробкам у сфері розвитку та вдосконалення глибокого навчання. Крім того, на державному рівні забезпечується фінансування інших наукових розробок у медичній сфері, зокрема шляхом державного замовлення на науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію.

### **4.Вдосконалення захисту персональних даних про стан здоров'я громадян та характер отриманої ними медичної допомоги**

Для розвитку технологій ШІ в медичній сфері потрібні різні типи персональних даних, їх аналіз і використання з дослідною метою. Держава буде сприяти подальшому захисту персональних медичних даних і регулюванню доступу до них на всіх рівнях зберігання та використання, зокрема за допомогою ініціації розробки та прийняття нової нормативної бази, узгодження українських і міжнародних нормативів і стандартів в цій сфері.

### **5.Розробка або вдосконалення нормативної бази та етичного контролю застосування ІІІ, пов'язаного з охороною здоров'я**

Розвиток технологій ІІІ у сфері охорони здоров'я потребує розробки нормативної бази, зокрема при створенні алгоритмів, що використовуються в програмному забезпеченні медичного обладнання, таких як хірургічні роботи або програмне забезпечення для вдосконалення або опрацювання зображень у приладах діагностичної візуалізації. Важливою сферою, що потребує регулювання на державному рівні, є також норми, критерії та стандарти етичного контролю за використанням ІІІ в медичній сфері.

### **6.Сприяння розвитку телекомунікаційних, роботизованих, автономізованих медичних технологій**

У перспективі значну частину завдань, які сьогодні виконує медичний персонал, зможуть виконувати автономізовані системи зі штучним інтелектом. Це стосується автоматичного створення записів пацієнтів, логістики пацієнтів, забезпечення пацієнтів ліками та медичними послугами, аналіз стану пацієнтів і прогноз його зміни при визначенні черговості надання медичної допомоги (тріаж), зокрема в умовах перенавантаження медичних установ і подібне. Важливе значення буде мати також вдосконалення можливостей телемедицини, зокрема при віддаленому доступі при наданні медичних послуг, наприклад для залучення фахівців з обласних центрів або з-за кордону.

### **7.Підвищення ІІІ-компетентності студентів і співробітників медичної галузі**

Підвищення обізнаності діючого та майбутнього медичного персоналу в сфері ІІІ, яке передбачає отримання знань в сфері етики, біоетики, захисту даних, роботи з автоматизованими системами та програмним забезпеченням, є необхідною умовою розвитку медичної екосфери ІІІ. Ці компетенції повинні стати необхідним елементом медичної освіти і знайти відображення у відповідних навчальних програмах українських закладів освіти.

Розробка цифрового забезпечення медичного супроводу населення шляхом створення електронних баз даних, логістичних алгоритмів, умов для надання медичної допомоги на основі телекомунікаційних технологій. Окремою сферою компетентності є налагодження взаємодії між медичними працівниками та системами ІІІ, консолідація специфічних можливостей для максимально ефективного лікування пацієнтів. Зокрема, необхідно визначити критерії прийняття рішень у випадках, якщо висновки лікаря та системи ІІІ в конкретному випадку відрізняються.

**8.Сприяння розробці та впровадженню державної програми підвищення якості та тривалості життя,** що спирається на поширення електронних застосунків українського виробництва, які допомагають контролювати основні показники здоров'я та активності. Такі застосунки та пристрої контролю вже поширені серед громадян і подальші дії держави залежатимуть від досліджень результатів застосування цих технологій.

**Вакуленко М. О.**

## **До підрозділу 2.2. «Основні напрями досліджень штучного інтелекту»**

### **Синергетичне моделювання штучної свідомості**

Моделі штучної свідомості повинні спиратися на результати досліджень людської свідомості в біологічній, медичній, психологічній галузях. Зокрема дослідження проявів свідомості людини [Seth, Baars and Edelman 2005], її вимірів [Dehaene, Lau and Kouider 2017] і схеми уваги [Graziano 2017, Graziano and Webb 2017] вказують на те, що свідомість виникає внаслідок дії двох взаємопов'язаних процесів – це, по-перше, механізм **уваги**, який зумовлює свідомість обчислень і звітів, і, по-друге, механізм **узгодження**, який зумовлює свідомість суб'єктивного розуміння світу і самоконтролю. Результатом цих процесів є властивості свідомості: широкий спектр свідомих змістів, інформативність, адаптивність і швидкоплинність свідомих проявів, внутрішня несуперечливість, обмежена смність і послідовність, самоусвідомлення, точне звітування, суб'єктивність, фокусно-крайова

структура, полегшення навчання, стабільність змістів, алоцентричність, контрольоване знання та прийняття рішень [Seth, Baars and Edelman 2005].

Тому моделювання штучної свідомості повинно включати в себе два напрями:

- моделювання схеми **уваги** як механізму відбору та поширення інформації (C1 за класифікацією [Dehaene, Lau and Kouider 2017]);
- моделювання механізму **узгодження**, який забезпечує суб'єктивне сприйняття дійсності та контроль (C2 за класифікацією [Dehaene, Lau and Kouider 2017]).

Перший напрям виражає внутрішній аспект свідомості, другий – зовнішній.

Схема уваги, яка породжує C1 – це порівняльний механізм **глобальної нейронної мережі**, який оцінює важливість процесів у системі відповідно. Система оцінки (scoring) базується на вбудованих цінностях діяльності ШІ, зокрема на морально-етичних принципах, закладених у блоці штучної совісті. Більш важливому процесу система виділяє більше ресурсів, включно до надання додаткових блоків і перебудови архітектури для успішного розв'язання найбільш потрібного чи негайного завдання. Передумови виникнення C2: нелінійна система зі зворотним зв'язком і зовнішнім збудженням. Тому модель свідомості можна сформулювати в рамках синергетики. На можливість такого підходу вказує, зокрема, те, що **вибухальний градієнт** у рекурентних мережах подібний до солітона.

Особливості цієї моделі такі:

- Свідомість являє собою **розпадинний дивний атрактор** (або стійну хвилю) з частотою 50-100 Гц, який існує 3-4 періоди.
- Свідомість поширюється на ті фізичні носії, які підтримують дивний атрактор (загальну стійну хвилю).
- **Особистість** описується **фазовим портретом** системи.

Можливим механізмом моделювання свідомості є система нейронних мереж, у якій існує нелінійний зв'язок між нейронами, які задіяні в різних процесах – тобто між ділянками різних мереж. Це можна зробити таким чином. Записуємо рівняння, які описують поширення сигналу в двох чи більше нейронних мережах, а потім накладаємо нелінійний зв'язок на вхідні нейрони (наприклад розглядаємо їх як точки плоскої хвилі). Отримані рівняння, які містять необхідні нелінійні зв'язки, можна використати для побудови фазових портретів.

Оскільки в природній нейронній мережі відбувається передача електричного потенціалу від нейрона до нейрона, варто застосувати електричну аналогію. У рамках цієї аналогії процес мозкової діяльності або обчислень нейронної мережі можна зобразити структурною схемою поширення сукупності електричних сигналів у системі послідовно з'єднаних багатополосників, між якими включені реле пуску, які активуються у випадку, якщо вихідний сигнал перевищує певне порогове значення.

Свідомість виділяє і поширює знання та процеси, які відповідають стратегічному завданню (нормам моралі) – наприклад завданню **виживання** людства. Можливий механізм виділення таких знань шляхом визначення ступеня косинусної подібності.

### До розділу 3. «Мета і завдання Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні»

#### Ефективне використання інформаційних банків і баз даних

Технології штучного інтелекту передбачають їхню мовну компетенцію та використання різномовних і різноалфавітних інформаційних банків і баз даних. Для ефективного опрацювання текстової інформації українською мовою, зокрема її латинізації, необхідно використовувати національний транслітераційний стандарт ДСТУ 9112:2021 «Кирично-латинична транслітерація і латинично-кирилична ретранслітерація українських текстів. Правила написання», який забезпечує ізоморфне транслітераційне перетворення давньо-, старо- і новоукраїнських текстів.

**Безпека.** Питання безпеки використання штучного інтелекту (ШІ) є надзвичайно важливими, адже йдеться про технологію, яка спроможна надати ключові переваги тим особам, які мають доступ до систем ШІ. Тому виправданим і логічним є контроль за ШІ з

боку військових органів, які здатні забезпечити належну безпеку його використання. Але цього недостатньо.

Для досягнення необхідного і достатнього рівня безпеки потрібно створити міжнародний етичний комітет, який би постійно стежив за правомірністю використання технологій ШІ, оцінюючи також і морально-етичні аспекти, пов'язані з цим використанням. Ці аспекти повинні охоплювати не тільки правові норми, а й визнані людством морально-етичні настанови. Рекомендації цього комітету повинні бути обов'язковими для використання в усіх сферах застосування ШІ. Технічно ці рекомендації повинні надходити в блок штучної совісті, показаний на схемі в додатку.

Особливу увагу слід звернути на захист від можливих деструктивних дій терористів і релігійних фанатиків. Цей захист повинен передбачати можливість автоматичного відключення штучної особистості у випадку, якщо відбуваються втручання в блок совісті поза рекомендаціями етичного комітету.

При цьому небезпечними є не тільки явні спроби зробити поведінку штучної особистості деструктивною і агресивною, а й приховані спроби, які нібито спрямовані на впровадження тих чи інших релігійних цінностей на основі текстів із Біблії, Корану, Тори чи якихось інших священних книг.

В українському суспільстві склалося в цілому позитивне сприйняття цих книг, особливо Біблії. Здавалося б, чим погана ідея покласти всі ці тексти в основу моралі ШІ? Адже заповіді, викладені в главі 19 Євангелія від Матфея, лежать в основі моральних цінностей усього людства. Але не все так просто.

Потрібно усвідомлювати, що ці книги містять дуже й дуже різноманітні рекомендації, і сприйняття цих рекомендацій значною мірою залежить від уже готових внутрішніх переконань людини, яка сприймає ці рекомендації, а також від того, хто і як ці рекомендації тлумачить. Кожен розуміє священні тексти по-своєму і, як наслідок, у світі існує велика кількість релігійних течій. І далеко не всі вони мирні.

Наприклад мусульманські терористи-смертники свято переконані в тому, що їхня смерть, а також смерть багатьох інших людей виправдана їхньою священною метою. І про цю мету їм хтось розповів, розтлумачивши Коран у своїх інтересах. А підставу для цього знайти легко – адже, за Кораном, Господь говорив ангелам: «Я посію страх у серцях тих, які не увірували. Рубайте їм шиї та рубайте їм усі пальці!»<sup>1</sup> (Сура 8. Трофеї, Аят: 12).

Та й у Біблії є чимало текстів, які напрочуд легко можна розтлумачити як керівництво до терору і масового знищення людей.

Наприклад це історія про знищення всіх єгипетських первістків (Вихід 12: 29). А ось Мойсей наказує 3000 людей убити одне одного тільки за те, що вони схилилися перед Золотим Тільцем (Вихід 32: 27-28). Той же Мойсей наказує Фінеєсу, внуку Аарона, убити своїх одноплемінників тільки за те, що вони спали з моавітянами (Числа 25: 5-9). Той же Мойсей наказує вбивати всіх мадіанітянських дітей чоловічої статі і всіх жінок, які пізнали чоловіка (Числа 31: 17-18). Дуже промовистою є також історія про те, як за провини Ахана ізраїльтяни жорстоко вбили всіх його дітей, що стишило гнів Господа (Ісус Навін 7: 24-26). А чого варті настанови Саулу знищити народ Амаліка «від отрока до грудного немовляти» (1-а Царств 15: 3). У Псалмі 136: 9 названо блаженними тих, хто розбиває голови немовлят об камінь. І це далеко не всі подібні приклади.

Показовим прикладом такого тлумачення є військова агресія Росії проти України, яку схвалює Російська православна церква.

Усе це вказує на те, що моральні настанови для ШІ не повинні зводитися до цитат із релігійних текстів, а мусять базуватися на загальноприйнятих моральних цінностях, які містяться в культурному надбанні людства. Єдиним надійним захистом від небезпек, пов'язаних із проявами релігійного фанатизму, вбачається цілковите виключення можливості введення в штучну особистість так званих «релігійних» цінностей – адже це саме

<sup>1</sup> Переклад Михайла Якубовича.

той випадок, коли «добрими намірами вимощено дорогу до пекла». Для цього потрібно ввести в пам'ять машини релігійні тексти, які містяться в Біблії, Корані, Торі та інших релігійних письмових джерелах, і передбачити автоматичне відключення у випадку, якщо якийсь із цих текстів намагаються впровадити в блок совісті.

### До підрозділу 7.1. «Штучний інтелект у сфері безпеки та в оборонно-промисловому комплексі України»

Дотичною до проблеми кібербезпеки держави є проблема інформаційної гігієни.

На жаль, поширеним явищем стали так звані «українськомовні» сайти з порадами на теми української мови, які є просто перекладом російських текстів щодо російської мови.

Ось, наприклад, сайт «Як запам'ятати відмінки української мови легко дітям, як запам'ятати краще і швидше» (<https://jak.koshachek.com/articles/jak-zapam-jatati-vidminki-ukrainskoi-movi-legko.html>). Звідси можна довідатися, що в українській мові не сім, а шість відмінків (як у російській мові), а замість місцевого фігурує «прийменниковий». Навіть акривірші пропонують, щоб краще запам'ятати відмінки. Наприклад такий: Іван Народив Дівчинку Звелів Тягти Пелюшки. Зрозуміло, що все це – поганенький переклад з російської мови. А ось сайт «Лексичний повтор – що це таке: приклади в українській мові і літературі» (<http://teg.com.ua/leksichnij-povtor-shho-tse-take-prikladi-v-ukrayinskij-movi-i-literaturi/>).

У самому ж тексті йдеться про «стилістичні кошти» російської мови, підкріплені цитатами російських класиків в оригіналі.

Важко сказати напевно, з якою метою створювалися такі сайти. Можливо, це ресурси під російським впливом, спрямовані на дискредитацію української мови. Адже неважко зрозуміти, які будуть наслідки використання таких ресурсів. Побачивши цей недолугий переклад, користувач захоче відмовитися від пошуків українською мовою або й узагалі складе негативне враження про українську мову як про недолугий додаток до російської.

Відстеження подібних сайтів і належне реагування на такі речі є важливим завданням інформаційної безпеки нашої держави, де потрібно застосувати ІІІ.

**Довбиш А. С.**

### До розділу 8. «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»

Для успішної реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні необхідна концентрація українських наукових шкіл у сфері ІІІ для створення методів машинного навчання в рамках функціонального підходу до моделювання когнітивних процесів природного інтелекту людини. При цьому методи машинного навчання повинні відповідати таким основним вимогам:

- бути адаптивними до довільних початкових умов формування вхідного математичного опису системи ІІІ;
- здійснювати фазифікацію вхідних нечітких даних у процесі машинного навчання, тобто трансформувати апріорно нечітке розбиття класів розпізнавання, які характеризують можливі функціональні стани **обчислювальної машини зі штучним інтелектом**, в чітке розбиття;
- бути практично нечутливими до багатовимірності простору ознак розпізнавання та алфавіту класів розпізнавання;
- машинне навчання здійснювати за ієрархічною структурою даних, що дозволяє будувати високостовірні вирішальні правила для алфавітів класів розпізнавання великої потужності;
- автоматичне (без інтерактивного режиму) самонавчання та перенавчання системи ІІІ при розширенні алфавіту класів розпізнавання;

- бути здатними здійснювати класифікаційне прогнозування зміни функціональних станів обчислювальної системи і досліджуваних процесів;
- здійснювати оптимальний розподіл ресурсу обчислювальної машини та розподіленого обчислювального середовища за узагальненим критерієм «енергозбереження – якість обслуговування користувача».

Оскільки реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні буде здійснюватися за умов обмеженого фінансування, то одним із джерел фінансування наукових розробок в університетах є спонсорські внески ІТ-компаній. На жаль, на відміну від світової практики, в Україні ІТ-компанії використовують студентів і випускників галузі «Інформаційні технології» без компенсації державі за їх підготовку, що змушує ЗВО виступати в ролі прохачів. Необхідно просити МОН України розробити нормативно-правову документацію, яка регламентує договірні відносини між університетом і роботодавцями з обов'язковим створенням спонсорського фонду на наукові дослідження випускної кафедри та підтримку талановитих студентів і аспірантів, які будуть задіяні у виконанні Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Кадровий науковий потенціал України цілком спроможний для створення обчислювальної машини зі штучним інтелектом за достатнього фінансування. Прикладами такої спроможності є наукові результати, отримані в Інституті проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України та в Сумському державному університеті щодо моделювання когнітивних процесів природного інтелекту людини й створення в рамках функціонального підходу методів так званого інформаційно-екстремального машинного навчання, функціональна ефективність яких перевершує відомі інтелектуальні інформаційні технології аналізу даних.

### **До підрозділу 2.1. «Основні терміни та поняття»**

Уточнення термінів «Інтелект людини» та «Штучний інтелект»:

**інтелект людини – уміння розв'язання творчих завдань, сформоване в процесі навчання людини взаємодії з навколишнім середовищем;**

**штучний інтелект – алгоритм розв'язання штучною свідомістю штучної особистості (машини) творчих завдань, створений і контрольований свідомістю людини.**

Оскільки штучний інтелект є наближенням природного інтелекту людини, то машина апіорі не може створити механізм прийняття рішень кращий, ніж свідомість людини. Інша справа, що свідомість людини може створити ШІ, який може розширювати її функціональні можливості, наприклад шляхом створення практично необмеженої пам'яті або високої оперативності прийняття рішень. Надання ШІ таких властивостей як саморозмноження, самоудосконалення, автономність функціонування, самознищення тощо так само створюється свідомістю людини.

**Казимир В. В.**

### **До розділу «Вступ»**

Новий технологічний уклад, який почав формуватися з початку ХХІ століття під впливом стрімкого розвитку інформаційних технологій, базується на використанні кіберфізичних систем. Матеріальний світ сьогодні зливається з віртуальним, утворюючи єдину цифрову екосистему. Найважливішим фактором успішності такого руху є впровадження інтелектуальних виробничих систем, оснащених штучним інтелектом.

Очікується, що в майбутньому витрати на ШІ зростатимуть за рахунок того, що бізнес прагне пришвидшити цифрову трансформацію та технологічний розвиток. Тож у найближчій перспективі ринок штучного інтелекту досягне 99,94 млрд доларів у 2023 р. при середньому

річному зростанні 34,86 %. Практичне використання ШІ буде головним чинником, оскільки підприємства гарантують, що вони заробляють гроші, використовуючи ШІ для вирішення конкретних проблем.

З огляду на такий прогноз і враховуючи наявний потенціал та виклики, що стають перед державою, найбільш пріоритетними напрямками розвитку штучного інтелекту в Україні слід вважати виробництво та оборонну сферу.

### **До підрозділу 7.1. «Штучний інтелект у сфері безпеки та в оборонно-промисловому комплексі України»**

Окрім кібербезпеки, значення якої неймовірно зросло в останні роки, найважливішим напрямом дослідження та впровадження штучного інтелекту в оборонній сфері слід вважати створення та використання мобільних інтелектуальних систем. Такі системи дозволять замість надзвичайно вразливого централізованого контролю із заздалегідь визначеними управлінськими та ситуаційними центрами використовувати повністю розподілений системний контроль, який є стійким, надійним та динамічно структурованим.

Створення інтелектуальних мобільних систем є однією з головних концепцій організації різномірних національних і міжнародних сил, відомих під назвами "Мозаїчні війни" та "Багатодоменні операції", які зараз активно реалізує Агентство оборонних дослідницьких проєктів DARPA (США).

Концепція "Мозаїчні війни", подібно до керамічної плитки в мозаїці, об'єднує бойові платформи разом, щоб зробити пакет сил. Мета полягатиме в тому, щоб скерувати на ворога стільки різномірних платформ зброї та датників, що його сили будуть перевантажені. Тож головну ідею даної концепції можна висловити таким чином: узяти складність і перетворити її на асиметричну перевагу.

Завдання організації та планування розподілених мобільних систем вписується в нещодавні спільні концепції "Багатодоменних операцій". Протистояння проти рівних конкурентів означає необхідність захищати сили від загроз, які можуть надходити з будь-якого домену – наземного, повітряного, космічного, морського та/або кіберпростору. Виникає необхідність організовувати багатокомпонентні робототехнічні комплекси в інтелектуальні автономні системи (рої), що діють без центрального та зовнішнього контролю.

Особливу роль у названих концепціях відіграють безпілотні літальні апарати (БПЛА), або дрони. Зростання обсягів закупівель військових БПЛА в усьому світі є суттєвим фактором. Так, загальний ринок БПЛА у 2019 році оцінювався у 19,3 млрд доларів США, і, за прогнозами, досягне 45,8 млрд доларів США до 2025 року при показнику зростання до 15,5 % на рік. Цим показникам, безумовно, сприяло також використання БПЛА в різних комерційних програмах, таких як моніторинг, зйомка та картографування, точне землеробство, дистанційне зондування з повітря та доставка продукції.

Виходячи зі сфер застосування, основними напрямками впровадження штучного інтелекту в мобільні системи, до яких належить і БПЛА, слід визнати: машинне навчання, комп'ютерний зір і розпізнавання образів, аналіз великих даних, стійкі системи зв'язку, мультиагентні технології управління та організації співтовариств автономних роботів.

Мета поєднання БПЛА і штучного інтелекту полягає в тому, щоб зробити ефективне використання великих наборів даних (наприклад, аерофотознімків) якомога більш автоматизованим і безпроблемним. БПЛА можуть розкрити весь свій потенціал тільки тоді, коли збір і аналіз даних досягають найвищого рівня автоматизації. Але слід враховувати, що поєднання БПЛА і штучного інтелекту має сенс тільки в тому випадку, якщо це економить гроші і час, що особливо важливо при військовому застосуванні. У деяких випадках традиційний комп'ютерний зір у поєднанні з машинним / глибоким навчанням все ще може бути простішим і кращим рішенням.

**Напрями діяльності  
науково-навчального центру штучного інтелекту та кібербезпеки**

**1. Дослідження:**

- машинне та глибоке навчання;
- комп'ютерний зір і розпізнавання образів;
- інтелектуальний аналіз великих даних;
- стійкі системи зв'язку;
- мультиагентні технології управління;
- автономні роботи;
- мобільні інтелектуальні системи;
- інтелектуальне опрацювання текстів;
- голос і мова, керовані штучним інтелектом;
- штучний інтелект у хмаринному середовищі;
- інтелектуальні системи в охороні здоров'я;
- новітні технології Індустрії 4.0;
- інтелектуальний дизайн і виробництво;
- модельноорієнтоване управління інтелектуальними виробничими системами;
- безпечний Інтернет речей;
- інтелектуальний моніторинг і прийняття рішень;
- усвідомлення та прогнозування ситуацій;
- інтелектуальні технології кібербезпеки промисловості і організацій.

**2. Навчання:**

- підготовки докторів філософії та докторів наук зі спеціальностей 122 - Комп'ютерні науки, 125 – Кібербезпека, 126 - Інформаційні системи та технології;
- підготовка магістрів за освітніми програмами в сфері штучного інтелекту;
- підвищення кваліфікації промислових фахівців і персоналу центрів кібербезпеки з питань використання новітніх інтелектуальних технологій.

**3. Сертифікація спеціалістів у сфері штучного інтелекту.**

**До підрозділу 7.3. «Штучний інтелект у промисловості та енергетиці»**

Всесвітня програма «Інтелектуальні виробничі системи», яка розпочалась наприкінці минулого століття з серії дослідницьких проєктів, зараз стала основною рушійною силою Індустрії 4.0. Інтелектуальні виробничі системи, які базуються на всебічному використанні вбудованих комп'ютерних моделей, призвели до появи кіберфізичних систем (КФС), здатних поєднувати реальний та віртуальний світ. Зараз КФС забезпечують такі інтелектуальні сфери виробництва, як автономні роботи, доповнена реальність, розширене виробництво, вертикальна та горизонтальна інтеграція, великі дані, хмаринні технології, імітаційне моделювання, індустріальний Інтернет речей і кібербезпека. Більш того, комп'ютерні моделі, які є головним чинником штучного інтелекту, безпосередньо вбудовуються в контур управління на всіх рівнях прийняття рішень: від стратегічного та тактичного планування до керування технологічними процесами.

Ураховуючи наявний інтелектуальний потенціал, найближчим часом Україна може стати регіональним лідером у цих сферах, забезпечуючи надання комплексних і високотехнологічних інженерних послуг насамперед за такими напрямками:

- програмування в сфері промислових високих технологій та створення нових програмних продуктів, включаючи нові технології Індустрії 4.0;
- дизайн (електричний, механічний, електронний, технологічний, будівельний тощо);
- промислова автоматизація, комп'ютеризація та інтелектуалізація (включаючи введення в експлуатацію промислових майданчиків);
- розробка та виробництво складної, дрібносерійної або унікальної продукції.



Для внутрішнього ринку Індустрія 4.0, наповнена рішеннями штучного інтелекту, має стати каталізатором зростання промисловості, а також оборонно-промислового комплексу. При цьому величезним викликом є залучення ІТ-компаній, науки та університетів до цифрової трансформації української промисловості та енергетики. На тлі нестачі робочої сили це також може означати збільшення попиту на автоматизацію.

#### **До розділу 8. «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»**

Найважливішою складовою екосистеми ШІ є ресурсне забезпечення науковими кадрами, інженерами та педагогічними працівниками, на які покладаються такі завдання:

- проведення актуальних і результативних наукових досліджень з фундаментальної та прикладної тематики в сфері штучного інтелекту;
- узгодження тематики наукових досліджень щодо розвитку ШІ в Україні з урахуванням потреб держави та суспільства;
- підтримка участі науковців у міжнародних виставках і конференціях, здійснення наукових публікацій у провідних міжнародних виданнях, відкриття нових друкованих та електронних видань з проблем ШІ;
- відкриття нових та удосконалення наявних освітніх програм у напрямках вивчення теорії та практики ШІ, а також його використання в різних галузях знань;
- розробка стандартів підготовки бакалаврів, магістрів та аспірантів з урахуванням перспектив використання ШІ;
- розповсюдження вже накопиченого досвіду в розробці систем ШІ, який було отримано під час виконання програм Темпус-4 та Горизонт 2000;
- відкриття окремої номінації зі ШІ при проведенні наукових фестивалів, конкурсів стартапів і форумів;
- заохочення талановитої молоді до сприйняття та розвитку ідей ШІ через Малу академію наук.

**Кондратенко Ю. П., Стрюк О. С., Козлов О. В., Сіденко Є. В.**

#### **До розділу 1. «Парадигма»**

Промисловість України стикається з жорсткою глобальною конкуренцією, що поєднується з труднощами у фінансуванні інвестицій з високим ризиком у складних технологічних сферах, включаючи інформаційні та комп'ютерні технології. Заважає також старіння інфраструктури, включаючи техніку, яка не готова до оцифрування, а також відсутність можливостей масштабування та дифузії технологій.

Разом з тим, за останнє десятиріччя Україна суттєво зміцнила свої позиції як активний учасник світової спільноти ШІ.

За рейтингом *Artificial Intelligence Industry in Eastern Europe 2018* компанії *Deep Knowledge Analytics*, Україна входить до трійки лідерів серед країн Східної Європи за кількістю компаній, що працюють у сфері ШІ. У цьому рейтингу перше місце посіла Росія (133 компанії), друге – Польща (110 компаній), третє – Україна (57 компаній).

За рейтингом *Government AI Readiness Index 2020*, який оцінює готовність урядів щодо впровадження штучного інтелекту, Україна посідає 57-е місце серед 172 країн з індексом 49,901 (для порівняння, лідер рейтингу, США, має індекс 85,479). За цим рейтингом Україна має такі показники: бачення – 50 балів; наявність даних – 66,56; етика – 51,27; інноваційність – 41,53; розмір – 22,87; інфраструктура – 41,35; людський капітал – 42,39. Найвищий показник за репрезентативністю даних – 84,17.

Також Україна за останні кілька років значно просунулася в плані публікації відкритих даних. Наразі у світовому рейтингу *Global Open Data Index* Україна посідає 31-е місце<sup>2</sup>.

Хоча сьогодні ще рано говорити про абсолютно лідерські позиції нашої країни в царині ІІІ, але при правильно обраній стратегії розвитку та її динамічному корегуванні, відповідно до викликів і поставлених завдань, наша держава має хороші перспективи посилити свою роль у цій галузі і досягти статусу провідного гравця.

Існує нагальна потреба у зростанні інвестицій в Україну. Є потреба інтегрувати горизонтальну промислову та інноваційну політику з галузевою та технологічною, щоб сприяти промисловій трансформації до економіки знань шляхом посилення наявності високотехнологічних секторів, одночасно сприяючи модернізації низько- та середньотехнологічних секторів та їхню здатність засвоювати нові технології. Державні інвестиції України в науково-дослідні та конструкторські роботи у цифрових технологіях значно менші, ніж у провідних індустріальних країнах, а в таких високотехнологічних сферах, як штучний інтелект, державні та приватні інвестиції в Україну у десятки разів менші.

## До підрозділу 2.2. «Основні напрями досліджень штучного інтелекту»

Проблема створення загального штучного інтелекту, тобто штучного агента, здатного на міркування та самоусвідомлення – це завдання більше з області програмування, ніж комп'ютерної інженерії. Для створення повноцінного штучного інтелекту насамперед необхідна принципово нова програмно-алгоритмічна архітектура, високорівневе бачення реалізації цього завдання за допомогою програмування і систем глибокого навчання.

Потужності сучасних комп'ютерів і суперкомп'ютерів уже дозволяють ефективно здійснювати надскладні математичні операції і давно перевершили людський інтелект з погляду обчислювальних можливостей – проте, незважаючи на високу обчислювальну здатність, комп'ютери не є інтелектуальними агентами. Обчислювальна здатність є лише компонентом інтелекту і її збільшення безпосередньо не спричиняє виникнення інтелекту.

На наш погляд, фокус зусиль доцільно змістити з «обчислювальної машини наступного покоління» з точки зору комп'ютерної інженерії на дослідження програмно-алгоритмічних методів: це нові підходи і парадигми програмування, машинне і глибоке навчання, нові архітектури ІІІ, інноваційні алгоритми.

Мозок людини є найбільш довершеним зразком інтелекту з усіх відомих людству. Вважаємо, що мозок людини і ссавців є оптимальним прототипом для дослідження інтелекту, як прикладу природної інженерії. Проте, оскільки феномен інтелекту як такого досі залишається недослідженим у повному обсязі, слід уникати обмежень і також спрямувати науково-дослідницькі зусилля на вивчення інших інтелектуальних біологічних агентів – таких як, наприклад, одноклітинні еукаріоти або віруси.

## До розділу 3. «Мета і завдання Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні»

**Мета** Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні – розробка, розвиток та широке впровадження технологій штучного інтелекту в усі сфери діяльності загальнодержавного значення та суспільного життя для побудови конкурентоспроможної економіки України, забезпечення сталого зростання добробуту і якості життя населення, вдосконалення системи державного управління, забезпечення національної безпеки та правопорядку.

**Предмет** Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні – методи і засоби розробки та впровадження технологій штучного інтелекту в промисловості, економіці, транспорті та інфраструктурі, науковій діяльності, медицині, сільському господарстві, екології, оборонній промисловості тощо.

Необхідно визначити напрями **популяризації, підтримки та розвитку спільноти** навколо штучного інтелекту: це буде сприяти залученню до сфери ІІІ спеціалістів з інших

<sup>2</sup> Global Open Data Index. Tracking the State of Open Government Data. URL: <https://index.okfn.org/>.

наукових та професійних галузей, а також зацікавлених осіб з різних верств населення, незалежно від віку.

Слід створити **електронний реєстр** організацій, компаній, проєктів і дослідницьких груп, які спеціалізуються на вивченні та розробці штучного інтелекту.

Необхідно розробити ефективну та постійно діючу **програму моніторингу** інформації, що стосується штучного інтелекту: новини (як технічного, так і етичного характеру), відстеження наукових відкриттів і досліджень та їх *обов'язковий аналіз*, щоденний обмін інформацією зі світовою спільнотою, провідними міжнародними організаціями та науковими інституціями.

Варто поставити амбітну мету **лідерства України** як держави, що може входити у топ-50 країн-флагманів у царині штучного інтелекту. Враховуючи потужний спадок технічної освіти, наукових програм і промисловості, що Україна отримала від УРСР, а також провідні позиції України на сучасному світовому ринку інформаційних технологій, лідерські позиції нашої держави в цьому напрямку слід вважати цілком досяжними навіть у короткостроковій перспективі (10 років).

### **До підрозділу 7.1. «Штучний інтелект у сфері безпеки та в оборонно-промисловому комплексі України»**

#### **Перспективи впровадження робототехніки**

Частково автономні або дистанційно керовані роботи необхідні для вирішення завдань з розмінування, дослідження рівня забруднення або отруєння довкілля токсичними або радіоактивними речовинами, дослідження та зондування потенційно небезпечних об'єктів.

У військово-оборонній сфері вже використовуються гусеничні та колісні безпілотні ударно-транспортні апарати, що дозволяють виконувати складні тактичні завдання у вкрай небезпечних для людини умовах. Як приклад можна навести безпілотні ударні апарати «Фантом» і «Фантом-2» виробництва «СпецТехноЕкспорт», озброєні кулеметами калібру 12,7 мм і модулем запуску ракет РС-80. Їх можна використовувати для розвідки, вогневої підтримки, евакуації поранених, доставки боєприпасів, ремонтних робіт тощо.

Одним із головних завдань на сьогодні є розвиток ударних і ударно-розвідувальних безпілотних літальних дронів, нарощування кількості та збільшення модифікацій яких дозволить суттєво зміцнити загальну обороноздатність українського силового сектору (ЗСУ, СБУ, НГУ, ПСУ, поліція). У цьому напрямі доцільно переймати досвід США (*RQ-1 / MQ-1 Predator*) і Туреччини (*Bayraktar TB2 / TB3*), ударні дрони яких уже продемонстрували високий рівень ефективності у складних бойових операціях.

### **До підрозділу 7.4. «Штучний інтелект у промисловості та енергетиці»**

#### **Перспективи впровадження робототехніки**

Упровадження промислових роботів є одним із головних рушіїв економіки. Промислові роботи здатні виконувати широкий діапазон функцій: зварювання, фарбування, пресування, ливарне виробництво, транспортно-складські завдання. З огляду на розвинений промисловий сектор України, більш інтенсивне впровадження робототехніки буде сприяти збільшенню сукупних економічних показників. У промисловому напрямі Україні доцільно співпрацювати з міжнародною організацією *International Federation of Robotics*.

Особливу увагу необхідно зосередити на можливості інтенсивного впровадження систем штучного інтелекту й інтелектуальних агентів (роботів) у різних галузях **промисловості**.

Роботи можуть багаторазово виконувати дії без критичних помилок і розробляти більш компетентні виробничі моделі для вирішення завдань автоматизації. Вони також здатні самостійно усувати людські помилки та забезпечувати вищий рівень якості.

Апробація та застосування інтелектуальних методів управління в системах автоматизації різноманітних робототехнічних та рухомих об'єктів промислових підприємств України є одним з перспективних напрямів упровадження технологій ІІІ в промисловості. За

цим напрямом проводяться дослідження з розробки та реалізації інтелектуальних систем управління, а також керувальних пристроїв виконавчого, тактичного та стратегічного рівнів, які базуються на штучних нейронних мережах, нечітких системах та гібридних нейро-нечітких мережах. Це сприятиме автоматизації різнотипних робототехнічних і рухомих технічних об'єктів промисловості і підвищить їхню ефективність функціонування. Також розробляються нові методи синтезу та оптимізації високоефективних інтелектуальних систем автоматичного управління, які базуються на біоінспірованих еволюційних і мультиагентних підходах та алгоритмах глобальної оптимізації.

До робототехнічних і рухомих об'єктів промисловості належать: виробничі роботи-маніпулятори (технологічні, підйомально-транспортні, допоміжні, універсальні тощо), багатоцільові мобільні роботи (інспекційні, для переміщення інструментів та виконання технологічних операцій в малодоступних та небезпечних для людини місцях), безпілотні транспортні засоби (безпілотні автомобілі, складські автоавантажувачі, дрони, літальні та підводні апарати тощо) і под.

Наприклад, багатоцільові мобільні роботи з електромагнітними притискними пристроями, які здатні переміщуватися по похилих і вертикальних феромагнітних поверхнях, застосовують для переміщення різних робочих інструментів по заданих траєкторіях з метою автоматичного виконання технологічних операцій очищення, видалення іржі, фарбування, зварювання тощо в суднобудуванні, судноремонті, газо- і нафтопереробці та в інших галузях промисловості. Мобільні роботи такого класу є складними технічними об'єктами, для автоматизації яких досить ефективно застосовують нейронні, нечіткі та нейронечіткі системи автоматичного управління. Серед найбільш важливих і складних завдань автоматизації таких мобільних роботів є автоматичне керування просторовим рухом на феромагнітних поверхнях різних типів з обходом перешкод при забезпеченні високої якості виконання певної технологічної операції.

Штучний інтелект набуває поширення і в освоєнні космосу, демонструючи потужний потенціал у дослідженні міжзоряного простору за допомогою інноваційних рішень і технологій: це системи аналізу масивів супутникових даних, самокеровані планетарні ровери, автономні космічні зонди, інтелектуальні системи автоматичного керування ракетами, розумні системні інтерфейси пілотованих космічних кораблів.

На сьогоднішній день проводяться розробки у сфері проєктування віртуальних асистентів для космонавтів, які працюють на інтелектуальних алгоритмах змішаного типу та дозволяють значно прискорити й полегшити виконання прикладних і дослідницьких завдань різного діапазону складності. Як приклад можна навести проєкт *CIMON* – робот-асистент, який уже пройшов випробування на Міжнародній космічній станції (був доставлений туди в 2019 році).

Аналіз даних при плануванні космічних місій завжди був складною процедурою, що базувалась на великих масивах даних і зазвичай проводилась експертами. На сьогодні для завдань аналізу та прогнозування використовують штучні нейронні мережі, які дають змогу виявляти раніше приховані від людського ока закономірності в даних і більш ефективно використовувати набуті на основі такого аналізу знання.

Супутникові технології також тісно взаємодіють із інтелектуальними системами, що дає змогу більш «розумно» опрацьовувати отримані дані та покращувати діагностичні системи, які здійснюють моніторинг і діагностику «здоров'я» сателітів.

Системи штучного інтелекту також знаходять своє застосування в космічній навігації. Аналіз величезних масивів фотографічних даних, інструментально отриманих за допомогою телескопів, дозволяє створювати інтелектуальні системи навігації, які дають змогу краще досліджувати космос, відкривати нові зоряні об'єкти та прокладати маршрути для космічних зондів.

Неабиякий вплив технологій ШІ спостерігається в сучасній інструментальній та спостережній астрономії. Нейронні мережі допомагають покращувати фотографічні зображення, отримані телескопами, краще аналізувати статистичні дані, створювати

синтетичні зразки для наборів даних, використовуваних для навчання спеціалізованих нейронних мереж, які застосовують для розв'язання різноманітних астрономічних завдань (*Fader, Spatial GAN, Morpheus*).

### **Додаткові переваги використання ШІ в промисловості**

За останні десятиліття ШІ та промислова автоматизація суттєво еволюціонували. Відбулося ефективне впровадження багатьох інноваційних підходів, таких як використання «розумних» сенсорів і датників, збільшення обчислювальних потужностей. ШІ допомагає машинам збирати й отримувати великі обсяги корисних даних, виявляти складні та приховані закономірності, адаптуватися до нових тенденцій за допомогою машинного інтелекту, навчання та розпізнавання природної мови. Це також допомагає оперативно приймати рішення, що базуються на даних та їх аналізі, підвищувати ефективність промислових процесів, мінімізувати експлуатаційні витрати, сприяти більш швидкій розробці продукції та забезпечувати гнучку адаптивність.

### **Можливість роботи 24/7**

Оскільки людям необхідно працювати позмінно, щоб забезпечити час відпочинку та харчові перерви, роботи на базі ШІ можуть працювати на виробничій лінії безперервно. Підприємства можуть розширити свої виробничі можливості та задовольнити більш високі вимоги до продукції від світових споживачів завдяки посиленій інтенсивності виробництва.

### **Безпечніше процедурно-експлуатаційне середовище**

Збільшення компонентів ШІ у виробничих процесах означає меншу кількість працівників, які виконують небезпечну, шкідливу та стресову роботу. Інакше кажучи, зі зменшенням кількості людей і збільшенням кількості робіт, які виконують діяльність, пов'язану з ризиком для життя та здоров'я, кількість нещасних випадків на виробництві повинна різко зменшитися. ШІ також відкриває широкі можливості для розвідки корисних копалин, оскільки підприємствам та компаніям більше не доведеться ризикувати людськими життями.

### **Зменшення операційних витрат**

Оскільки системи ШІ охоплюють все більше й більше сегментів повсякденної діяльності людини у сфері промисловості, бізнес отримує значно нижчі експлуатаційні витрати. Замість того, щоб тільки наймати людей для роботи по змінах, компаніям та підприємствам варто інвестувати в ШІ. Єдині витрати пов'язані з технічним обслуговуванням систем ШІ після придбання та введення в експлуатацію устаткування.

### **Фактори, що впливають на навколишнє середовище**

Автономні транспортні засоби потенційно набагато менш шкідливі для навколишнього середовища. Їх можна запрограмувати на найефективніший маршрут і зменшити час простою, що може призвести до зменшення споживання пального та радикально зменшити рівень викидів парникових газів. Це ж стосується і важкої техніки, що використовується у промисловості. ШІ може багаторазово повторювати послідовність процедур з високою точністю, в той час як люди схильні до випадкових помилок.

## **До підрозділу 7.6. «Штучний інтелект у сільському господарстві»**

### **Перспективи впровадження робототехніки**

Агропромисловий комплекс завжди був важливим компонентом економіки України і її сильною стороною. Населення Землі зростає, що ставить перед об'єднаним цивілізованим

світом важливе завдання, що межує з викликом – забезпечення людства якісними продуктами харчування.

У сільському господарстві потрібно широко застосовувати агропромислові дрони, які допомагають боротися зі шкідниками, визначати точні площі культур, здійснювати аудит та інвентаризацію земельних ділянок, визначати наявність дефектів у посівах, проводити аналіз урожайності посівів, здійснювати моніторинг і контроль систем меліорації, автоматизувати процеси посіву і збору врожаю.

Яскравим прикладом упровадження безпілотних літальних апаратів є М-6 «Жайвір» – дрон дистанційного керування українського виробництва, призначений для біологічного захисту рослин, картографії, аерофотозйомки і відеоспостереження в реальному часі.

Інноваційні розробки за цим напрямом також проводять США (*Harvest Automation*) і Австралія (*Australian Centre for Field Robotics*), інженерні рішення яких демонструють вражаючі результати.

### До розділу 8. «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»

Підготовка кадрів в екосистемі ШІ на теперішній час не актуалізована, вона відбувається за рахунок фахівців зі споріднених галузей (математика, статистика, системний аналіз і т. ін.). У чинному «Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти» від 29 квітня 2015 р. № 266 згадки про штучний інтелект відсутні. Отже, необхідно включити профільну спеціальність у перелік і розробити відповідну навчальну програму. Доцільно також зробити акцент на посиленні розвитку програм «дуальної» освіти. Щодо наукового забезпечення, то серед затверджених постановою президії Вищої атестаційної комісії України № 13-08/9 від 20.09.2000 року є паспорт наукової спеціальності 05.13.23 «Системи та засоби штучного інтелекту». Але, зважаючи на дату прийняття зазначеної постанови, необхідно її переглянути й актуалізувати паспорт цієї спеціальності.

Потрібно розробити ефективну систему **перепідготовки кадрів** у вищій освіті та сучасних програм *підвищення кваліфікації* для спеціалістів з інших галузей (технічних, природничих, гуманітарних).

Необхідно розробити концепцію **кластеризації, доступності та відкритості** наукових проєктів у сфері ШІ, створити можливість для магістрантів, аспірантів і докторантів долучатися до поточних *колективних* профільних досліджень відповідних наукових груп у сфері ШІ.

Одним із важливих чинників прогресу ШІ в Україні є органічний розвиток профільної спільноти, яка б могла об'єднувати професіоналів і ентузіастів будь-якого віку та рівня підготовки. Українська спільнота ШІ *вже* розвивається стихійно, майже незалежно від ролі держави, і ситуативно взаємодіє з державними організаціями.

Виникла необхідність у створенні спеціальних (в першу чергу електронних) майданчиків для *стратегічної комунікації* серед учасників спільноти ШІ: спеціалізований сайт проєкту (можливо з форумом та формою для зворотного зв'язку), сторінки у популярних в Україні соціальних мережах для двосторонньої взаємодії зі спільнотою (*Twitter, Facebook, Instagram*).

Це дозволить залучати до співпраці та плідної взаємодії учасників різноманітних платформ ШІ, стартапів, компаній та окремих зацікавлених осіб (включаючи грантодавців, спонсорів та інвесторів).

Використання методів *open-source* та *crowdsourcing* для реалізації важливих проєктів як суто прикладного спрямування (математичного, програмного, інженерного) – коли створюваний продукт є відкритим/частково відкритим та над ним можуть працювати усі охочі як *після відповідної реєстрації та отримання допуску*, так і організаційного – коли спільнота колективно працює над важливими програмними документами, текстами

конвенцій, методиками, концепціями і т. д. Тобто головна ідея полягає в модерновій прозорості та взаємодії.

Активна спільнота ШІ буде сприяти розвитку ШІ в Україні за різними напрямками та просувати нашу державу на науково-технологічній міжнародній арені, і не в останню чергу – завдяки збільшенню кількості українських наукових публікацій на тему ШІ в провідних рецензованих виданнях та збільшенню індекса цитованості статей українських учених.

Важливо також скоординувати зусилля для залучення українських спеціалістів, ентузіастів та активної молоді (як єдиного товариства, об'єднаного ідеєю ШІ) до участі в платформі «**AI for Good Global Summit**», яка є одним з головних майданчиків Організації Об'єднаних Націй, присвячених проблемам штучного інтелекту.

Науково-теоретичне забезпечення розвитку штучного інтелекту передбачає:

- вироблення загальної теорії штучного інтелекту, узгодження його поняттєвого апарату з національними та міжнародними нормативно-правовими актами;
- вироблення філософії штучного інтелекту;
- вивчення та впровадження міжнародного теоретичного досвіду в сфері ШІ;
- дослідження, розробку, вдосконалення та оптимізацію математичних моделей і математичного апарату ШІ.

Практичне впровадження технологій штучного інтелекту передбачає:

- реалізацію освітніх програм у сфері ШІ та їх постійну модернізацію на рівні Міністерства науки і освіти України;
- запровадження програм заохочення та грантів для закладів освіти, їх орієнтацію на STEM-дисципліни (science, technology, engineering, and mathematics);
- на рівні Національної академії наук України – науково-дослідницьке, апаратно-технічне й експериментальне забезпечення, співпраця зі спеціалізованими факультетами та кафедрами, до сфери наукових інтересів яких належить ШІ;
- упровадження принципів міжгалузевої інтеграції систем ШІ в різних наукових напрямках від природничих і точних наук до гуманітарних дисциплін.

Перспективні наукові напрями та технології штучного інтелекту:

- глибоке навчання;
- нейромережеві бібліотеки *TensorFlow*, *PyTorch*, *Keras*;
- опрацювання природної мови;
- генеративні попередньо навчені трансформери (англ. *Generative Pre-trained Transformers*);
- генеративні змагальні нейронні мережі;
- системи штучного зору;
- мультиагентні системи;
- моделювання систем та алгоритмів міркування (англ. *Commonsense Reasoning*);
- автономні транспортні засоби та керування за допомогою ШІ;
- рекомендаційні алгоритми та сервіси, дослідження проблем прозорості рекомендаційних систем;
- проблематика контролю та безпеки систем ШІ.

**Розвиток національної системи бази даних** повинен здійснюватися на основі сукупності правових, організаційних, методологічних та інформаційно-технологічних механізмів, що забезпечуватимуть:

- нормативне й організаційне регулювання управління даними, а також контроль за реалізацією відповідних заходів;
- визначення та реалізацію сукупності методів і способів фінансового забезпечення діяльності, спрямованої на створення та забезпечення функціонування національної системи баз даних;
- формування принципів, правил і процесів управління державними даними;
- формування онтології даних, включаючи розробку семантичної моделі, описи складу, взаємозв'язків сутностей, метаописів і форматів, власників даних на різних рівнях;

- створення та функціонування ІТ-інфраструктури, що реалізує впровадження та забезпечення моніторингу та контролю реалізації єдиних вимог до управління даними, створення інформаційних продуктів системи баз даних.

Розвиток національної системи бази даних може також ґрунтуватись на залученні до проєктів усіх охочих, без обов'язкової наявності профільної освіти. Це може істотно прискорити та полегшити виконання цього завдання. Необхідно розглянути можливість створення, поповнення та адміністрування такої системи баз даних дистанційно і на засадах відкритості та залученості.

### **Залучення фінансових ресурсів для розвитку ІІІ в Україні**

Важливо вдосконалити систему національних і міжнародних грантів, налагодити співпрацю з провідними технологічними компаніями, як міжнародними, так і національними, які можуть виділяти кошти для освітніх і наукових програм розвитку ІІІ в Україні. Крім того, слід наполегливо домагатися виділення відповідних коштів з державного бюджету України. Ефективним також може бути залучення спонсорів і меценатів з непрофільних промислових і комерційних компаній, установ.

Для забезпечення належного розвитку ІІІ в Україні фінансові ресурси повинні бути залучені на такі заходи:

- створення нових науково-дослідних інститутів, сучасних центрів і лабораторій дослідження проблем ІІІ;
- проведення державних науково-дослідних проєктів за основними напрямками ІІІ;
- організацію належної фінансової підтримки науковців і дослідників, які працюють у сфері ІІІ. Забезпечення гідних (на рівні світових) умов праці;
- збільшення кількості та підвищення якості підготовки фахівців у сфері ІІІ;
- організація заохочувальних заходів щодо участі українських науковців у провідних міжнародних зарубіжних наукових конференціях у сфері ІІІ;
- організація міжнародних наукових конференцій у сфері ІІІ, що проводяться на території України із залученням провідних іноземних науковців;
- збільшення кількості українських наукових видань за напрямками ІІІ, що індексуються в наукометричних базах *Scopus* і *Web of Science*;
- створення відкритих тестових середовищ і бібліотек для апробації розроблених методів і алгоритмів ІІІ.

## **До розділу 10. «Прикінцеві положення Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні»**

### **Доповнення до підрозділу «Плану реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні до 2025 року»**

Першочергові кроки реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні до 2025 року.

1. Погодження та прийняття нормативної бази.
2. Створення Наглядової ради з контролю за виконанням задекларованих в Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні цілей.
3. Визначення пріоритету напрямів і завдань Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні від найбільш пріоритетних до найменш пріоритетних.
4. Почати виконання найпріоритетніших і фундаментальних завдань.
5. Визначити механізми квартального та щорічного контролю за реалізацією Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні (звітна документація, вибіркові перевірки).
6. Завершальним етапом повинна бути переоцінка Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні, її аналіз на відповідність реаліям 2025 року та, у разі необхідності, її ефективна корекція.



Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні варто доповнити додатковими проміжними (річними) термінами виконання – кінцевими датами, по настанні яких мета і завдання відповідного блоку повинні бути повністю реалізовані. Кожний проміжний термін слід завершувати аналітичним звітом з наступним корегуванням динамічного календарного плану. Цей компонент буде стимулювальним чинником, який позитивно впливатиме на інтенсивність реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Для реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні необхідно до 2025 року здійснити такі заходи.

1. *Створення нормативно-правової бази, яка передбачає забезпечення захисту даних, отриманих при здійсненні економічної та наукової діяльності, в тому числі їх зберігання переважно на території України.*
2. *Створення науково-теоретичного забезпечення виконання Національної стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.*
3. *Залучення фінансових ресурсів для розвитку ШІ в Україні.*
4. *Забезпечення пріоритетної підтримки фундаментальних і прикладних наукових досліджень в області ШІ.*

Розвиток фундаментальних і прикладних наукових досліджень у галузі ШІ в Україні передбачає:

- здійснення пріоритетної довготермінової підтримки наукових досліджень у сфері штучного інтелекту;
  - стимулювання залучення інвестицій юридичних і фізичних осіб у розробку технологій штучного інтелекту;
  - розвиток дослідницької інфраструктури та забезпечення доступу науковців (дослідників) до обчислювальних ресурсів, баз і наборів даних;
  - розвиток міжнародного співробітництва, включаючи обмін фахівцями і участь вітчизняних фахівців в міжнародних програмах і конференціях у сфері штучного інтелекту.
5. *Підвищення рівня забезпеченості ринку технологій ШІ кваліфікованими кадрами та рівня інформованості населення про можливі сфери використання таких технологій передбачає:*
    - розробку та впровадження освітніх модулів у рамках освітніх програм усіх рівнів освіти, програм підвищення кваліфікації і професійної перепідготовки для отримання громадянами країни знань, набуття ними компетенцій і навичок у сферах, які сприяють розвитку штучного інтелекту (математики, програмування, інформаційних технологій, математичної лінгвістики, аналізу великих даних, машинного навчання);
    - розробку стандартів підготовки бакалаврів, магістрів та аспірантів з урахуванням перспектив використання ШІ;
    - розробку заохочувальних заходів щодо сприяння вступу абітурієнтів на спеціальності за основними напрямками ШІ у ЗВО України;
    - формування наукових шкіл з проблем ШІ в університетах і наукових установах, а також спрямування їхньої роботи на впровадження досягнутих результатів;
    - підтримку участі науковців у міжнародних виставках та конференціях, заохочення наукових публікацій у провідних міжнародних виданнях, відкриття наукових видань з проблем ШІ;
    - підтримку молодих вчених та їх заохочення у науковій діяльності з розробки та впровадження ШІ;
    - формування лабораторної бази в університетах і наукових установах для навчання студентів і проведення досліджень у сфері ШІ;
    - залучення науковців та освітян до міжнародних проєктів за напрямками ШІ, в тому числі в програмах *Еразмус+*, *DAAD* і *Горизонт-Європа*;
    - поширення вже накопиченого досвіду в розробці систем ШІ, який було отримано під час виконання програм *Темпус*, *DAAD* і *Горизонт 2020*;

- відкриття окремої номінації зі штучного інтелекту при проведенні наукових фестивалів, конкурсів стартапів і форумів;
  - заохочення талановитої молоді до сприйняття та розвитку ідей ШІ через Малу академію наук;
  - започаткування програм заохочення та грантів для закладів освіти всіх рівнів з акцентом на природничі, математичні, комп'ютерні, інформаційні науки та математичну лінгвістику;
  - включення необхідних елементів програмування та обчислювального мислення в шкільну програму з математики;
  - збільшення кількості спеціальностей і бюджетних місць для навчання за напрямом ШІ;
  - стимулювання (в тому числі матеріальне) роботодавців до заходів, спрямованих на набуття співробітниками компетенцій в області штучного інтелекту і в суміжних сферах його використання;
  - організацію довгострокової фінансової підтримки науковців та дослідників, що працюють у сфері ШІ, забезпечення їм гідних (на рівні світових) умов праці;
  - сприяння участі науковців у комерційних проєктах провідних підприємств за основними напрямками ШІ;
  - створення умов для повернення провідних українських науковців і фахівців у сфері ШІ, які проживають і працюють за кордоном;
  - визначення технологічних пріоритетів досліджень з урахуванням обмеженого ресурсу – зокрема тих, які потребують малих інвестицій, даючи при цьому значну конкурентну перевагу на світових ринках через масове використання ШІ на пристроях (англ. *On-Device AI*), нові алгоритми машинного навчання для систем з істотними обмеженнями в ресурсах і таке інше.
6. Підвищення рівня цифрової грамотності населення України.
7. Розвиток національної системи бази даних, що передбачає:
- нормативне і організаційне регулювання управління даними, а також контроль за реалізацією відповідних заходів;
  - визначення та реалізацію сукупності методів і способів фінансового забезпечення діяльності, спрямованої на створення та забезпечення функціонування національної системи баз даних;
  - формування принципів, правил і процесів управління державними даними.

#### **Доповнення до Плану реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні в 2026 – 2030 роках**

1. Контроль за виконанням і дотриманням усіх попередніх завдань.
2. Повна реалізація всіх завдань, включаючи найменш пріоритетні.
3. Проведення постійної ревізії та моніторингу якості реалізації цілей Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.
4. Постійний аналіз та актуалізація ключової мети Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Останні два роки – проведення аналітичних конференцій з оцінки та ефективності Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

#### **Ланде Д. В.**

##### **До підрозділу 7.1. «Штучний інтелект у сфері безпеки та в оборонно-промисловому комплексі України»**

За останні роки дослідження в області штучного інтелекту досягли значного прогресу, причому набагато швидше, ніж передбачалося раніше. І цей процес продовжує прискорюватися.

Наявні можливості ШІ мають значний потенціал для сфери національної оборони і безпеки. Сьогодні експерти вважають, що ШІ може стати революційною технологією в цій сфері, як колись стали ядерні, космічні, комп'ютерні та біологічні технології.

Штучний інтелект змінює глобальне середовище оборони та безпеки. Це надає безпрецедентну можливість посилити технологічні переваги, але також підвищує швидкість загроз, з якими стикається сучасне суспільство. Ця базова технологія, ймовірно, вплине на весь спектр заходів, що стосується трьох основних завдань: колективної оборони, кризового управління та спільної безпеки.

Практика показує, що в міру зміни технологій змінюються й інтереси держави. У даному випадку цей інтерес – досягнення технологічного лідерства України, яка має для цього всю необхідну базу.

Досягнення в сфері ШІ вплинуть на національну оборону і безпеку, базуючись на революційних змінах у трьох сферах – військовій, інформаційній та економічній.

Окремої уваги у сфері безпеки і оборони заслуговує проблема колективного інтелекту, зокрема спільного функціонування об'єктів зі штучним інтелектом. Ця проблематика безпосередньо пов'язана з Інтернетом речей, який забезпечує зв'язок між окремими об'єктами зі штучним інтелектом. Як приклад, можна навести завдання керування роями інтелектуальних безпілотних літальних апаратів (дронів).

Наприклад, у військовій сфері комерційно доступні технології з підтримкою ШІ (такі, як застосування безпілотних літальних апаратів, зокрема ударних, безпілотних літальних апаратів близької і далекої дії, крилатих ракет із автоматичним розпізнаванням цілей) можуть надати доступ до абсолютно нового типу засобів високоточного нанесення ударів, у тому числі на великі відстані. Інший приклад: наявна технологія машинного навчання може забезпечити високий ступінь автоматизації трудомістких операцій, таких як аналіз супутникових зображень і кіберзахист.

В інформаційному і кібернетичному просторі ШІ значно розширить можливості збору і аналізу даних, реагування на кіберінциденти, а також створення агрегованих даних. При вирішенні завдань розвідки це буде означати, що буде враховано більше джерел об'єктивної інформації, а також джерел дезінформації та інформаційних впливів.

Ті країни, які досягнуть значних успіхів у технологіях штучного інтелекту, будуть мати набагато більшу вагу, що особливо актуально для нашої країни.

В економічній області, яка пов'язана з національною обороною і безпекою, передбачається, що досягнення в сфері ШІ можуть призвести до нової промислової революції. Зокрема, ці досягнення призведуть до різкого зниження попиту на робочу силу, що найближчим часом змінить відносини між працею і капіталом в світових економіках. У кіберпросторі дії, які вимагають великої кількості висококваліфікованого персоналу, такі як операції Advanced Persistent Threat, у майбутньому можуть бути значною мірою автоматизовані і стати легкодоступними на ринку. ШІ значно розширить можливості створення, збору та аналізу даних, що важливо для досягнення інформаційної переваги.

21 жовтня 2021 року міністри оборони країн НАТО узгодили першу Стратегію НАТО в сфері штучного інтелекту. У документі описано, як ШІ може бути застосований у сфері оборони та безпеки захищеним і етичним способом. Таким чином, стратегія встановлює стандарти відповідального використання технологій ШІ відповідно до міжнародного права та цінностей НАТО. У ній також розглядаються загрози, що створюються використанням ШІ противниками, та способи встановлення надійної співпраці з інноваційною спільнотою в сфері ШІ.

Штучний інтелект є однією з семи технологічних галузей, які союзники в НАТО виділили як пріоритетні у зв'язку з їхньою значимістю для оборони та безпеки. До них належать квантові технології, дані та обчислення, автономні системи, біотехнології та покращення людського потенціалу, гіперзвукові технології та космос. З усіх цих технологій подвійного призначення штучний інтелект, як відомо, є найпоширенішим, особливо у поєднанні з іншими, такими як великі дані, автономні системи чи біотехнології.

Стратегія буде підкріплена значущою співпрацею між НАТО, приватним сектором та науковими колами; спроможною робочою силою та технічним і політичним талантом НАТО; надійною, релевантною, безпечною інфраструктурою даних; відповідним кіберзахистом.

Для всіх пріоритетних сфер будуть розроблені індивідуальні стратегії відповідно до того ж етичного підходу, що й для штучного інтелекту.

Руйнівні інновації в сфері ШІ можуть являти собою глобальну небезпеку. Слід вкласти значні кошти в можливість «протидії ШІ». Запобігти розширенню використання ШІ в військових технологіях, розвідці неможливо, можлива тільки постановка завдання безпечного й ефективного управління технологіями ШІ. Державі слід розглянути можливість створення офіційних науково-дослідних організацій, яким доручено досліджувати і просувати безпеку ШІ. Необхідно також створення документів про можливості ШІ подвійного призначення.

**Мінцер О. П.**

### **До підрозділу 7.3. «Штучний інтелект у медицині»**

Застосування штучного інтелекту (ШІ) є не тільки вирішальним чинником підвищення якості надання медичної допомоги пацієнтам, але й призведе до революційних змін у медицині, біології, освіті.

#### **I. Очікувані наслідки застосування штучного інтелекту в медицині**

У медицині слід очікувати таких змін:

**1. Трансформація медицини в більш широку соціальну сферу, що використовує всі форми даних про здоров'я, включаючи геноміку, метадані, електронні медичні картки та біометрію, для своєчасної цілодобової діагностики. Створення системної біомедицини.**

Охорона здоров'я – це багатовимірна система, створена з метою профілактики, діагностики, лікування, реабілітації та рекреації пацієнтів і для вирішення проблем, пов'язаних зі станом здоров'я. Що більше маємо даних про стан здоров'я людини, то краще розуміємо відповідні біомедичні процеси.

Сьогодні людство працює з фантастичним обсягом даних, отриманих із моменту інтеграції таких ефективних технологій, як секвенування наступного покоління (NGS) і дослідження асоціацій усього геному (GWAS) для декодування генетики людини. Дані на основі NGS надають інформацію на глибинах, що раніше були недоступні, і виводять експериментальний сценарій у зовсім новий вимір. Замість вивчення одного гена наразі можливе вивчення всього геному організму в дослідженнях геноміки протягом заданого проміжку часу. Подібним чином замість вивчення експресії або транскрипції одного гена тепер можна вивчати експресію всіх генів або всього транскриптому організму. Технологія NGS призвела до збільшення обсягу біомедичних даних, отриманих у результаті геномних і транскриптомних досліджень.

Кількість геномів людини, що секвенують до 2025 року, може скласти від 100 мільйонів до 2 мільярдів [Dash et al. 2019]. Об'єднання геномних і транскриптомних даних із протеомними та метаболомними даними може значно розширити наші знання про індивідуальний профіль пацієнта – підхід, який часто називають «індивідуальним, персоналізованим, або точним медичним обслуговуванням». На жаль, медичні та біомедичні дані досі не об'єднано для доповнення наявних медичних відомостей інформацією про молекулярні патології. Така конвергенція може допомогти розгадати різні механізми дії або інші аспекти прогностичної біології. Систематичний та інтегративний аналіз даних у поєднанні з аналітикою охорони здоров'я може допомогти розробити ефективніші стратегії лікування, спрямовані на точну та персоналізовану медицину. Саме в цьому полягає новий напрям у медицині, що отримав назву «Системна біомедицина».

Засновані на геноміці експерименти – наприклад генотипування, експресія генів і дослідження на основі NGS – є основним джерелом великих даних у біомедичному напрямі охорони здоров'я поряд з електронними медичними картками, інформацією про рецепти в аптеках і страховими записами. Охорона здоров'я вимагає тісної інтеграції таких біомедичних даних із різних джерел для забезпечення кращого лікування та догляду за пацієнтами.

Ці перспективи надзвичайно захопливі і можуть виявитися вирішальним чинником у майбутній медицині й охороні здоров'я. Як правило, доводиться аналізувати велику кількість даних, отриманих унаслідок обстеження пацієнтів як для постановки діагнозу, так і для вибору методу лікування. Інтелектуальний аналіз подібного обсягу даних неможливий без застосування ШІ.

## **2. Істотне підвищення якості конкретних процедур надання медичної допомоги шляхом:**

- подолання **інформаційної асиметрії**. Можна виділити безліч різноманітних ситуацій, з якими пацієнти стикаються щодня, коли про обсяг і відповідність виконаних діагностичних і лікувальних дій поінформована лише одна сторона – медичні працівники. Інакше кажучи, пацієнт не знає, що саме він отримав, а якість медичної допомоги з'ясовується значно пізніше. Потенційні пацієнти, а іноді й потенційні експертні групи часто приховують справжні цілі своєї поведінки та використовують практично всі способи для отримання певних (власних) результатів. З іншого боку, пацієнти при отриманні амбулаторної медичної допомоги часто не надають лікарю всіх відомостей, які мають значення для визначення конкретного діагнозу чи правильного лікування. Застосування ШІ практично унеможлиблює ці ситуації, оскільки надає вичерпну інформацію кожній стороні лікувально-діагностичного процесу;
- забезпечення **комплексного (інтегрального, трансмурального) лікування пацієнтів**, що є спробою розв'язати загальновизнану проблему в багатьох системах охорони здоров'я – фрагментарне надання медичних і соціальних послуг. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) надає таке означення: «комплексна медична допомога – це концепція, що об'єднує ресурси, надання, управління та організацію послуг, пов'язаних із діагностикою, лікуванням, доглядом, реабілітацією та зміцненням здоров'я. Інтеграція є засобом поліпшення послуг стосовно доступу, якості, задоволеності користувачів і ефективності» [Gröne and Garcia-Barbero 2002]. Стратегія подібного лікування є загальносвітовою тенденцією в реформуванні охорони здоров'я та у створенні нових організаційних механізмів, орієнтованих на більш скоординовані та інтегровані форми надання медичної допомоги. Вона базується на використанні єдиного інформаційного медичного смарт-простору, реалізація якого можлива лише за допомогою ШІ. Головний принцип – забезпечення безперервності та наступності догляду за пацієнтами. Останнє тісно пов'язано з комплексним доглядом і підкреслює можливість пацієнта отримати повну медичну послугу в системі охорони здоров'я та в системі соціальних послуг, забезпечуючи найважливіші дані для інтеграції систем. При цьому безперервність догляду містить три складові: безперервність інформації (за загальними записами); забезпечення наступності на всіх етапах надання первинної та вторинної медичної допомоги (планування виписки зі стаціонару від спеціаліста до лікаря загальної практики); безперервність професійної допомоги (процесом керує один спеціаліст, забезпечений постійно необхідною інформацією).

### **3. Створення гібридних систем колективного розуму (експертні висновки) та штучного інтелекту для обґрунтованого прийняття рішень у стратегії охорони здоров'я**

Як приклад наведемо роботу, що стосується федерального навчання для прогнозування клінічних досліджень пацієнтів із COVID-19. Використано дані з 20-ти інститутів по всьому світу для навчання моделей, що включають електронну медичну карту, дані рентгенографії грудної клітини, показники життєдіяльності, лабораторні дані та дані рентгенівських знімків грудної клітини. Для прогнозування механічної обробки вентиляції або смерті протягом 24 годин система на найбільшому незалежному випробувальному полігоні досягла чутливості 0,95 та специфічності 0,88. У цьому дослідженні модель узагальнила різноманітні негармонічні набори даних для прогнозування клінічних досліджень пацієнтів із COVID-19, затвердивши основу для ширшого використання ШІ.

### **4. Розвиток прогнозової аналітики (наприклад прогнозування пацієнтів із високим ризиком і оцінювання діагностичних результатів до лікування)**

Прикладом може слугувати дослідження про використання ШІ для прогнозування ймовірності смерті від COVID-19. Спеціалісти зібрали дані про 16 тисяч пацієнтів із 20-ти установ по всьому світу та навчили модель штучного інтелекту розраховувати необхідний обсяг кисню для пацієнтів на апараті штучної вентиляції легенів, а також ймовірність смерті через добу після госпіталізації. Модель пройшла тестування на п'яти континентах і зуміла довести свою надійність і універсальність. Найголовнішою перевагою науковці називають можливість застосовувати моделі з непідтвердженим діагнозом хвороби. У такому випадку лікар може вивчати дані пацієнта до результату ПЦР-тесту.

### **5. Підвищення безпеки лікарських засобів і узгодження обсягів лікарняної продукції**

Гострота питання підсилилася на фоні пандемії COVID-19. Під час зустрічі 25 лютого 2021 року представників Патентного пулу лікарських засобів (the Medicines Patent Pool – MPP) і Всесвітньої організації інтелектуальної власності (the World Intellectual Property Organization – WIPO) для подальшого просування стратегій та обміну інформацією в інтересах суспільної охорони здоров'я було підкреслено, що вкрай важливо сприяти інноваціям і доступу до технологій охорони здоров'я для COVID-19 шляхом: вивчення стратегій управління охороною здоров'я, що могли б сприяти інноваціям і доступу до таких технологій, обміну інформацією та інструментами на відповідних веб-сайтах; сприяння прозорості патентів і збору патентної інформації про основні лікарські засоби (ЛЗ) шляхом взаємодії на скоординованій основі з національними та регіональними патентними відомствами для збору та обміну відповідними даними. Важливим є також встановлення зв'язків між даними та функціональними можливостями баз даних PatentScope та MedsPaL. Ефективне виконання подібних завдань неможливе без застосування ШІ.

### **6. Застосування прецизійної медицини та відкриття лікарських засобів**

Цей напрям застосування ШІ зумовлений тим, що при складній діагностиці захворювань, особливо при обмеженні в часі, забезпечити точність у прийнятті рішень персоналізованої генної медицини неможливо. Подібні випадки зустрічаються практично завжди при рідкісних генетичних хворобах. Більшість лікарів, якщо і знають про них, не здатні поставити диференційний діагноз на основі традиційного фізичного та інструментального обстеження. Десятки та навіть тисячі захворювань клінічно між собою не відрізняються, але вимагають унікального лікування.

### **7. Створення національної системи інтелектуального аналізу даних інструментальних досліджень**

Застосування ШІ у форматі національної системи інтелектуального аналізу інструментальних даних забезпечує обмін медичною інформацією про конкретних пацієнтів, очистку даних, виділення необхідної для діагностики релевантної та валідної інформації, визначення стану пацієнта та прогнозування перебігу патологічного процесу. ШІ забезпечує

можливість електронного переміщення клінічної інформації між різними інформаційними системами охорони здоров'я та збереження змісту обмінюваної інформації.

Мета обміну медичною інформацією полягає в полегшенні доступу до цільових клінічних даних, а також їх своєчасного вилучення для забезпечення безпечної, своєчасної, ефективної, дієвої та справедливої медичної допомоги, орієнтованої на пацієнта. Подібні центри також можуть використовуватися органами громадської охорони здоров'я для надання допомоги в аналізі стану здоров'я населення.

### **8. Створення національного центру аналізу епідеміологічних ситуацій**

Стратегічні напрями та орієнтація національного здоров'я мають базуватися на фундаментальному розумінні про стан галузі охорони здоров'я, на своєчасному отриманні реалістичної картини сильних і слабких сторін системи охорони здоров'я, а також на глибшому розумінні причин виникнення цих сильних і слабких сторін. Послідовне та орієнтоване на потреби сектору охорони здоров'я планування неможливе без належної бази інформації, даних і доказів про поточний стан системи охорони здоров'я.

Постійне оцінювання наявних даних та аналіз ситуації у сфері охорони здоров'я має стати ключовим кроком політики та планування охорони здоров'я. Слід підкреслити, що аналіз ситуації у сфері охорони здоров'я здійснюється в різних масштабах – це залежить виключно від масштабу мети. Але завжди в аналіз мають бути включені не тільки основні фактори, але й конфаундери, зміни в навколишньому середовищі, соціальні чинники тощо. Особливе значення має аналіз епідеміологічної ситуації.

Клінічна епідеміологія розвивалася як дисципліна в останній половині двадцятого століття. Сучасні технології відкривають нові перспективи в епідеміології, у тому числі в генетичній епідеміології, за допомогою використання реєстрової хвороби, звертаючи увагу на індивідуальні дані про здоров'я та потреби медичних послуг, а також із урахуванням соціальних умов (освіта, професія, зайнятість тощо). У поєднанні з позитивним спостереженням це зробить можливими масштабні багатомірні спостережувані популяційні дослідження, що підходять для попередження епідемій та ряду захворювань. Важливим елементом стає використання баз знань. Всесвітня організація охорони здоров'я стала піонером у створенні баз даних для кількох країн, таких як база даних ВООЗ «Здоров'я для всіх», яка включає основні показники здоров'я для європейських країн, починаючи з 1970-х років. Такі бази даних є важливими інструментами для освіти та обґрунтування політики у сфері охорони здоров'я. Але досконалий аналіз цих даних є складною процедурою, здійснення якої можливе лише за допомогою штучного інтелекту.

Додатково в медицині стануть можливими:

1. Забезпечення когнітивної гармонізації у сімейній медицині (системи лікар-пацієнт).
2. Підтримка госпітальних оперативних ініціатив, що збільшують економію грошей, підвищують задоволеність пацієнтів і задовольняють їхні кадрові та трудові потреби.
3. Створення національної системи адресного консультування громадян України.
4. Діагностична аналітика з використанням медичної візуалізації (наприклад, комп'ютерна томографія, рентген, МРТ, ЕКГ, патологічні зображення) або геномні, поведінкові та інші клінічні дані (наприклад, симптоми, сімейний анамнез).
5. Персоналізовані рекомендації з лікування, що засновані на клінічних, геномних і поведінкових даних.
6. Індивідуальне та колективне прогнозування. Запобігання небажаних явищ.
7. Регулярна інтеграція медичних зображень з іншими клінічними даними для ефективного моніторингу інтенсивної терапії у пацієнтів, невідкладної діагностичної інтерпретації і підвищення ефективності лікування.
8. Доступ до онлайн-сервісів (онлайн-консультації, запис на прийом, зміна ЛЗ).
9. Надання технології взаємодії з пацієнтами для підтримки самопомоги.
10. Розширення прав і можливостей пацієнтів через доступ до їхніх медичних даних.
11. Інтеграція інструментів взаємодії з пацієнтами (наприклад, чат-боти, переносні та мобільні пристрої).

12. Навчання пацієнтів, прийняття поінформованих рішень, самоконтроль профілактики та самоконтроль хронічних станів.
13. Канали взаємодії пацієнтів із постачальниками медичних послуг, системами та сервісами.
14. Інтеграція важливих даних про пацієнтів із мобільних пристроїв і додатків для здоров'я в електронну систему охорони здоров'я.
15. Оптимізація робочих процесів і розподілу ресурсів, покращення операційної ефективності.
16. Прогнозування завантаження системи охорони здоров'я на конкретний період і необхідні ресурси (персонал, обладнання та приміщення).
17. Інтегрована голосова технологія в електронній системі охорони здоров'я для клінічної документації, введення даних, голосовий інтерфейс, питання та відповіді.
18. Інтегрована можливість аналізу даних про стан здоров'я (лікарські примітки, клінічні звіти) та надання критичних оглядів, автоматизоване створення епікризів конкретних пацієнтів за довільний проміжок часу патологічного процесу.
19. Спрощення операційних процесів за рахунок автоматизації за допомогою ШІ.
20. Сприяння моніторингу та управлінню здоров'ям населення, покращання самопочуття.
21. Моніторинг здоров'я населення.
22. Виявлення груп населення високого ризику.
23. Пріоритетизація (ранжування) груп пацієнтів за ризиками та ведення проактивних профілактичних втручань.
24. Дослідження соціальних детермінант охорони здоров'я та управління здоров'ям населення.

## **II. Застосування ШІ в медичній освіті та в безперервному професійному розвитку лікарів і провізорів**

Цей напрям забезпечує принципово нові переваги процесів підготовки спеціалістів у галузі. Це зумовлено речами, які раніше були практично неможливими.

1. Обсяги навчальної інформації постійно зростають. Забезпечити якісний трансфер знань і вмінь, формування компетентностей у студентів, магістрів, лікарів і провізорів під час їхнього безперервного професійного розвитку (БПР) стає досить складним завданням. Серед таких складностей можна виокремити **персоналізацію навчання**, створення **індивідуальної навчальної траєкторії**, створення **персоналізованої освітньої сфери** для самостійного навчання, а також забезпечення неформальної освіти та самоосвіти, **своєчасне консультування** стосовно засвоєння складних аспектів знань. Саме ці напрями вже сьогодні стають можливими для використання ШІ.
2. Натепер для вирішення проблем освіти запропоновано **онтології знань**, проте розвиток **трансдисциплінарності** освіти, ефективне використання предметних онтологій, а тим більше забезпечення **інтероперабельності онтологій** практично неможливе без ШІ.
3. Ще один важливий напрям застосування штучного інтелекту – оцінювання та моніторинг знань суб'єктів навчання. ШІ може імітувати поведінку викладача при оцінюванні знань і вмінь під час самостійної роботи суб'єкта навчання в освітньому середовищі, забезпечити моніторинг та адаптивний контроль знань. Стане можливим мобільне навчання, постійний зворотний зв'язок із суб'єктами навчання, швидка відповідь на їхні запити.
4. До очевидних переваг застосування ШІ можна віднести забезпечення різноманітними освітніми програмами, в яких темп навчання та навчальний підхід оптимізовано для потреб кожного суб'єкта навчання. ШІ, враховуючи психологічні характеристики суб'єкта навчання, може знайти найкращий потрібний темп і порції (кванти) навчального матеріалу для оптимального засвоєння освітньої програми.



5. Важливим аспектом застосування ШІ є забезпечення якості освіти, в першу чергу дистанційних форм передачі знань за допомогою **технології прокторування** шляхом інтелектуалізованого відеоконтролю процедур передавання знань на заняттях і особливо тестового контролю засвоєння навчального матеріалу.

### **III. Умови впровадження штучного інтелекту в галузі охорони здоров'я України**

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні передбачає виконання низки заходів, спрямованих на підвищення якості та тривалості життя громадян України, зокрема:

- формування загальнодержавної електронної платформи охорони здоров'я, що забезпечує зберігання, цільове використання та захист персональних даних про здоров'я громадян на місцевому, регіональному та національному рівнях;
- упровадження телекомунікаційних, роботизованих, автономізованих технологій при створенні прогресивних систем медичної діагностики (віртуальних консультантів тощо);
- застосування нечітких і нейромережових СППР та СППР на основі генетичних алгоритмів і ансамблів дерев для встановлення діагнозів пацієнтів;
- застосування нейромережових технологій для моделювання та прогнозування епідеміологічних ситуацій.

### **IV. Ризики та побоювання, пов'язані з використанням ШІ**

Впровадження ШІ буде мати неймовірний соціальний ефект. Тому є побоювання, що, хоча штучний інтелект і принесе радикальне підвищення ефективності в різних сферах життєдіяльності, для звичайних людей застосування відповідних технологій несе загрозу безробіття і кар'єрної невизначеності, оскільки машини замінюватимуть «людські» робочі місця. Наприклад, на електронному майданчику *Amazon* арбітражем взаємних претензій покупців і продавців товарів займаються програми-роботи. Вони опрацьовують понад 60 млн. претензій за рік, що майже в 3 рази більше кількості всіх поданих позовів через традиційну судову систему США.

На думку С. Хокінга, «автоматизація прискорить і без того зростаючу економічну нерівність у всьому світі. Інтернет і платформи, що роблять це можливим, дозволяють невеликим групам людей отримувати величезні прибутки при використанні дуже невеликої кількості помічників. Це неминуче, це прогрес, але він також є соціально руйнівним» [Hawking 2016].

Можна вважати розумними аргументи прихильників помірнього впровадження ШІ та роботів, які пропонують стримувати темпи такого впровадження. Ймовірно, таких же змін слід очікувати і в сфері охорони здоров'я, хоча для нашої країни, можливо, це буде в чомусь навіть перевагою з огляду на серйозну проблему кадрового дефіциту, велику територію та низьку густоту населення.

### **V. Основні труднощі впровадження ШІ в охороні здоров'я**

Більшість досліджень, що порівнюють ефективність штучного інтелекту та клініцистів, **невалідні**, оскільки перевірки здійснюються на недостатньо великому матеріалі або надходять із різних джерел.

Цю складність можна було б подолати в епоху відкритої системи охорони здоров'я. Справді, відкриті дані та відкриті методи обов'язково привертатимуть велику увагу як нові методи досліджень.

Проте перехід до відкритої системи охорони здоров'я може виявитися складним для підприємств, що розробляють програмне забезпечення для охорони здоров'я, як основний бізнес.

Найбільші складнощі викликає неможливість **ідентифікувати ступінь деталізації діагнозу** в конкретних клінічних випадках. При невеликій деталізації патологічного процесу ефективність ШІ може виявитися достатньою, але кожний новий крок може стати катастрофічним. Дослідження, що повідомляють про застосування ШІ у клінічній практиці, обмежені ретроспективними планами та розмірами вибірки.

Такі конструкції потенційно включають характеристики дисперсії, зміщення спектру, інші конфаундери. Іншими словами, моделі розробляються відповідно до певного набору даних, що практично не повторюються в інших наборах даних. Переоцінювання та калібрування різних досліджень повинні виконуватися для адаптації програмного забезпечення, а також для врахування коливань демографічних показників пацієнтів.

Крім того, існує консенсус щодо необхідності розроблення спеціальних адаптивних алгоритмів, призначених для гармонізації даних різних досліджень.

Протиставлення **штучного інтелекту** лікарям – навряд чи найкращий спосіб вирішити питання порівняння ефективності.

Нині деякі дослідження підходять до взаємодії лікарів та алгоритмів як поєднання людського та штучного інтелекту. Можливим є зіставлення діагнозів при моніторингу патологічного процесу. Але це практично неможливо в невідкладній медицині. Крім того, вкрай складним виявляється визначення порогів для прийняття рішень. Утім, неухильне зростання точності діагностики за допомогою модулів ШІ постійне змінює ситуацію.

Вважають, що реальні можливості ШІ на теперішній час можна оцінити таким простим правилом: «Якщо звичайна людина може виконати уявне завдання за секунди, то, ймовірно, ми можемо автоматизувати її за допомогою ШІ або зараз, або в найближчому майбутньому» [Ng 2016].

## VI. Штучний інтелект і біоетика

Етика штучного інтелекту є частиною етики технологій, призначеної для роботів та інших штучних інтелектуальних істот. Вона поділяється на роботоетику, що вирішує питання моральної поведінки людей при проєктуванні, конструюванні, використанні та лікуванні штучно розумних істот, і машинну етику, що стосується проблеми моральної поведінки штучних моральних агентів (ШМА). Здатність роботів до автономних дій зумовлює потребу в етичних нормах, які б визначали їхню поведінку.

Р. Кало означає робота як машину з трьома якостями:

- робот може відчувати своє середовище;
- робот має здатність опрацьовувати інформацію, яку він відчуває;
- робот організований так, щоб діяти безпосередньо в середовищі, що його оточує.

Парадигма «**почувай, думай, дій**» найкращим чином відображає те, як роботи відрізняються від попередніх технологій, таких як ноутбук [Calo 2016].

«Права роботів» – це концепція, відповідно до якої люди повинні мати моральні зобов'язання перед своїми машинами, подібні до прав людини або тварин. Права роботів – зокрема право на існування та виконання своєї власної місії – варто пов'язати з обов'язком робота служити людині, подібно до поєднання прав людини з обов'язками людини перед суспільством. Ці права можуть включати право на життя та свободу, свободу думки та висловлювань, а також рівність перед законом.

Європейський парламент узяв до розгляду проєкт Резолюції про правовий статус роботів як «електронної особистості» («електронної особи»).

Проєктом Резолюції запропоновано покласти основну відповідальність на виробника та зобов'язати виробників і власників роботів мати страхування. Проте він також передбачає розподіл відповідальності між виробником і власником, залежно від ситуації. Документ також передбачає наділення роботів статусом «електронних особистостей», які мають специфічні права й обов'язки.

Резолюція встановлює загальні етичні принципи розвитку робототехніки та штучного інтелекту для використання в громадянському суспільстві, які мусять бути враховані при

соціальному, екологічному впливі та впливі робототехніки на здоров'я людей і могли б забезпечити відповідність дій роботів правовим, етичним стандартам і стандартам безпеки.

Це стосується насамперед питань безпеки. Резолюція передбачає зобов'язання для розробників роботів **інтегрувати в механізм аварійний вимикач із метою їх миттєвого відключення в надзвичайних ситуаціях**. У цілому Резолюція має на меті врегулювати правове становище роботів у людському суспільстві, для чого пропонується:

1. Створити спеціальне Європейське агентство з робототехніки та штучного інтелекту.
2. Надати нормативне означення «розумному автономному роботу».
3. Розробити систему реєстрації найбільш просунутих роботів разом із системою їх класифікації. Зобов'язати розробників роботів надавати гарантії відсутності ризику отримання травм або шкоди від роботів.
4. Розробити нову структуру звітів для компаній, що потребують роботів, про вплив робототехніки та штучного інтелекту на економічні результати компаній [Каткова 2016].

У професійному співтоваристві активно обговорюють створення першої децентралізованої автономної організації (Decentralized Autonomous Organizations, DAO) – по суті електронної юридичної особи. Причина такої уваги очевидна: це одна з перших компаній, керована за допомогою розумних контрактів (smart contracts), які виконуються без традиційних органів на зразок генерального директора чи ради директорів.

Наприклад, DAO функціонує за допомогою контракту-програми, що регулює прийом криптовалют, яка використовується для фінансування та діяльності організації, а також конвертацію прийнятої криптовалюти в токени (аналог акцій у традиційній компанії) [Вашкевич 2017].

**Замість резюме.** Впровадження систем штучного інтелекту в медицині справедливо вважають одним з найважливіших трендів розвитку медицини. Більш того, за штучним інтелектом майбутнє і воно настає вже сьогодні. Технології штучного інтелекту докорінно змінюють усю систему охорони здоров'я, створюючи принципово нову платформу ранньої та диференціальної діагностики захворювань, забезпечуючи реальну персоналізацію надання медичної допомоги, будуючи теорію реабілітації хворих та рекреації довілля. Змінюється стратегія пошуку нових лікарських засобів, суттєво підвищується якість послуг охорони здоров'я.

Генеральний директор Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) Тедрос Адханом Гебреєсус (Tedros Adhanom Ghebreyesus) відзначив, що, «як і всі нові технології, штучний інтелект може бути використаний неправильно і завдати шкоди пацієнтам». У червні 2021 року ВООЗ вказала на можливі негативні наслідки застосування штучного інтелекту в медицині, якщо в основі його розробки, розгортання і застосування не будуть лежати етичні принципи і захист прав людини. Тому питання, як використовувати всі можливості новітніх технологій і як не нашкодити інтересам людей, залишається актуальним. Це глобальне завдання покладається на науковців, фахівців з охорони здоров'я, а також усіх, кому не байдуже майбутнє людства.

**Рамазанов С. К.**

#### До розділу «Вступ»

Нова модель світової економіки мусить відповідати п'яти імперативам — соціальній справедливості, гармонійній глобалізації, збереженню стійкості біосфери Землі, стабільності фінансової системи і конвергентному розвитку економіки, формовану і керовану розумним світовим урядом.

Така трансформація повинна забезпечувати можливість практичної реалізації ноопідходу до розв'язання завдання формування індивідуальної і громадської свідомості у рамках формування принципово нового, що не зводиться тільки до прибутку і капіталізації,

ноогармонійного образу світу — процесів, які відбуваються в єдиному ноотехнологічному просторі розвитку.

Суть процесу переходу соціуму від індустріального суспільства до інформаційного (постіндустріального) суспільства і від нього до суспільства, заснованого на знанні (когнітивному), полягає не лише в глобальній інформатизації усіх сторін людської життєдіяльності і посиленні значення когнітивних чинників, але і в тому, що з'являються якісно нові характеристики процесу предметних трансакцій: *«матерія»* → *«енергія»* → *«інформація»* → *«знання»*.

Інакше кажучи, має місце перехід до нооімперативів економічних основ життєдіяльності і розвитку існуючої цивілізації, а отже й відповідне переформатування механізмів управління різними (економічними, науково-технічними і тому подібне) аспектами предметної діяльності членів соціуму як надбудови над природно-технічними процесами.

Таким чином, прогрес соціуму визначається соціально-економічною ефективністю процесу перетворень у техноприродному середовищі: матерії — на енергію, енергії — на інформацію, інформації — в знання, а знань — у перетворену матерію і енергію з досягненням нової якості людської свідомості, після чого процес повторюється.

При цьому зниження уваги до гуманітарної складової життєдіяльності соціуму розриває процес формування гармонійної ноореальності.

У цих умовах головним завданням переходу через інформаційне суспільство до суспільства, ґрунтованого на знанні (когнітивному), є не розвиток технічних аспектів інформаційно-комунікаційних процесів як частини науково-технічного прогресу, а самореалізація людини як частини (основи) конвергентної спільності «соціум» + «техноприродне середовище».

Звідси *ініційний характер економічного розвитку людства*: не модель «хижак — жертва» або «виробництво — споживання (ресурсів)», а модель когнітивної інтелектуалізації економічного механізму розвитку соціуму у взаємозв'язку з техноприродним середовищем, у тому числі обов'язковий домінувальний розвиток гуманітарної нооскладової.

Штучний інтелект (ШІ) — наукові знання і технологія створення інтелектуальних машин, програм, сервісів, додатків тощо. Він дає можливість техніці виконувати функції, які вважаються прерогативою людини.

Розвиток штучного інтелекту впливає на культурну самобутність і різноманітність культур. ШІ здатний позитивно впливати на індустрію культури й творчості, але, з іншого боку, може стати чинником концентрації виробництва культурного контенту, даних і, отже, доходів у руках дуже обмеженого круга учасників ринку, що потенційно негативно відіб'ється на різноманітності форм культурного самовираження й забезпеченні принципу рівності.

На думку топ-менеджерів провідних гравців світового ринку, у найближчі роки ШІ стане найкращим інструментом для просування та розвитку продуктів і послуг. За даними аналітичного моделювання, ШІ може забезпечити додатковий внесок у щорічне зростання ВВП на 1,2 % протягом як мінімум наступного десятиріччя. У цілому, до 2030 року ШІ може забезпечити додаткову глобальну економічну активність у розмірі 13 трлн доларів, що зумовить збільшення його загального внеску в усі галузі поряд із упровадженням інших перетворювальних технологій. Станом на сьогодні ШІ вносить у світовий ВВП 1 трлн доларів. Аналітики також припускають, що близько 70 % компаній в усьому світі приймуть принаймні одну форму ШІ до 2030 року в рамках масштабування своєї діяльності, а значна частина великих підприємств буде використовувати повний спектр наявних інновацій для посилення діючих напрямів бізнесу.

Сьогодні є проблеми, що стримують розвиток ШІ в Україні. Це відсутність чіткої стратегії розвитку ШІ, вітчизняної інфраструктури для його роботи, слабка поінформованість бізнесу про фундаментальні наукові розробки в сфері ШІ, недостатній для впровадження ШІ рівень цифровізації компаній, відсутність налагодженої на

високому рівні роботи з даними, а також неправильне розуміння керівництвом компаній певних аспектів упровадження ІІІ.

Загалом, урядовим структурам необхідно оперативно приймати рішення, які дадуть їм змогу йти в ногу з процесами у сфері ІІІ і впливати на еволюцію технологій ІІІ.

### **До розділу 1. «Парадигма»**

Перехід до передових цифрових, інтелектуальних виробничих технологій, до роботизованих та механотропних систем, індустріальних інтернет-речей, до нових матеріалів й способів конструювання, створення систем обробки великих об'ємів даних, машинного навчання й штучного інтелекту в цілому є найважливішими проблемами в епоху Індустрії 4.0 та 5.0.

Нам сьогодні для стійкого й безпечного розвитку потрібні й важливі нові наукові дослідження, інтелектуальні, інформаційні, інноваційні технології та системи, зокрема системи і технології штучного інтелекту.

У сучасному нестабільному світі науковий напрям ІІІ має ґрунтуватися на фундаментальних і системних міждисциплінарних наукових розробках та методологіях, з урахуванням багатьох нових викликів. Системи ІІІ є нелінійними, складними і такими, що розвиваються. Тому наше означення ІІІ, принципи й критерії синтезу систем ІІІ багато в чому спираються на сучасні фундаментальні та інші дослідження, є уточнювальними та перспективними. Технології та системи штучного інтелекту (СІІІ) потрібно проєктувати і конструювати на базі таких підсистем і компонентів: наукові основи, фундаментальні дослідження та математичне забезпечення (МЗ); технічне (апаратне) і технологічне забезпечення (ТЗ); системи, платформи й інструментарій програмного забезпечення (ПЗ); соціально-гуманітарне (морально-етичне, культурно-освітнє, філософське й правове) забезпечення (СГіПЗ).

Ми – сучасники зміни парадигми розвитку науки: від вузькоспеціалізованого знання і галузевої економіки до злиття наук і конвергенції технологій. Сьогодні виник новий науково-технологічний уклад, заснований на інтеграції: нано-, біо-, інформаційних, когнітивних і соціогуманітарних (НБІК ⊕ СГ) наук і технологій. Відзначимо, що стратегічна мета НБІК ⊕ СГ–конвергенції – це створення антропоморфних технічних систем, конструкційно подібних до створюваних живою природою («принцип природоподібності»).

Отже, головним науково-технологічним рушійним фактором в ХХІ столітті буде розвиток таких надтехнологій: штучного інтелекту, нанотехнологій, біотехнологій, медіатехнологій, когнітивних технологій і соціогуманітарних технологій. Більш конкретно, це - сучасний розвиток інноваційних технологій «НБІК ⊕ СГ». Тому потрібно відзначити важливість врахування принципу  $I^2K^2 + СГ$ , тобто: інтелектуалізація, інтеграція, конвергенція, коеволюція й соціально-гуманітарні технології.

Важливим і необхідним є облік сучасних принципів проєктування стійкої та безпечної СІІІ і вирішення проблеми гармонізації між двома світами: реального і віртуального, особливо при їх гармонічній гібридизації.

### **До підрозділу 2.2. «Основні напрями досліджень штучного інтелекту»**

Відомо, що природний інтелект є засобом оцінки діяльності свідомості людини, а еволюцію свідомості українські науковці вже здатні формалізувати математично. Тобто необхідним кроком у створенні штучного інтелекту є створення штучної свідомості, яка контролює процес прийняття рішень у розв'язанні поставлених завдань, згідно з отриманим досвідом та законами й правилами життєдіяльності людини, зокрема духовно-моральними цінностями людства.

Технології та системи штучного інтелекту слід проєктувати і конструювати на базі таких підсистем і компонент: наукові основи, фундаментальні дослідження та математичне

забезпечення; технічне (апаратне) і технологічне забезпечення; системи, платформи й інструментарій програмного забезпечення; соціально-гуманітарне (культурно-морально-етичне, філософське і правове) забезпечення.

У рамках розробки загальної теорії штучного інтелекту пропонується створити уніфіковану концепцію баз знань (БЗ), яка здатна об'єднувати інформацію за принципами реляційних, ієрархічних баз даних (БД) із залученням додаткових, більш складних принципів зв'язку між даними (наприклад, «зворотний зв'язок») і принципи відбору даних з відображенням причинно-наслідкових зв'язків. Важливим є питання розробки концепції ознак знань (за аналогом ознак даних).

Практичне значення у науковій, технічній та технологічній сферах: розробка загальнонаціональних автоматизованих баз знань за галузями науки і техніки (наприклад, бази знань математичних моделей і відповідних алгоритмів) і відповідних автоматизованих систем для прийняття рішень; **розробка алгоритмів пошуку аналогій у різнопрофільних базах знань для генерації нових знань.**

Результатом такого структурування і автоматизації повинен стати ефект підсилення розвитку науки, техніки і виробництва.

### До розділу 3. «Мета і завдання Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні»

**Мета Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні** – забезпечення прискореного розвитку штучного інтелекту в Україні, стійкого і безпечного розвитку України, забезпечення широкого проведення наукових і фундаментальних досліджень в області штучного інтелекту, підвищення доступності інформації та комп'ютерно-комунікаційних ресурсів для користувачів, а також забезпечення вдосконалення системи підготовки спеціалізованих кадрів у цій сфері.

**Основні принципи** розвитку та використання технологій і систем штучного інтелекту, дотримання яких є обов'язковим для реалізації *Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні*:

- ШІ мусить бути корисним для **людства**, сприяючи його інклюзивному росту, стійкому розвитку та добробуту;
- системи ШІ розробляються та використовуються лише за умови дотримання верховенства **права**, засадничих прав і свобод людини та демократичних цінностей, реалізація яких має забезпечуватися відповідними гарантіями – зокрема можливістю безперешкодного втручання людини у процес функціонування системи ШІ. Захист прав і свобод людини передбачає забезпечення права на працю і надання громадянам можливості отримувати знання і набувати навичок для успішної адаптації до умов цифрової економіки;
- забезпечення **прозорості** та відповідального розкриття інформації про системи ШІ, зрозумілості роботи штучного інтелекту і процесу досягнення ним результатів, недискримінаційний доступ користувачів продуктів, які створені з використанням технологій штучного інтелекту, до інформації про застосовувані в цих продуктах алгоритмів роботи штучного інтелекту;
- системи ШІ повинні функціонувати надійно та **безпечно** протягом усього свого життєвого циклу, а оцінювання та управління потенційними ризиками має здійснюватися постійно, недопустимим є використання штучного інтелекту з метою умисного заподіяння шкоди громадянам і юридичним особам;
- забезпечення **технологічного суверенітету**, тобто необхідного рівня самостійності, зокрема за допомогою переважного використання вітчизняних технологій штучного інтелекту і технологічних рішень, розроблених на вітчизняних технологіях штучного інтелекту;
- забезпечення **цілісності інноваційного циклу**, тобто тісної взаємодії наукових досліджень і розробок у сфері штучного інтелекту з реальним сектором економіки;

- здійснення й адаптація в пріоритетному порядку заходів, спрямованих на реалізацію *державної політики* в науково-технічній та інших сферах;
- розвиток *ринкових відносин* і неприпустимість дій, спрямованих на обмеження конкуренції між організаціями, що провадять діяльність у сфері ШІ.

Застереження, які варто враховувати під час розробки Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні:

1. Ключовим регулятором та ініціатором впровадження Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні має бути держава, але задля успішної імплементації необхідна колаборація з розробниками, бізнесом, дослідницькими центрами, обмін досвідом та утворення партнерської мережі з іноземними партнерами. Це дозволить водночас уникнути зайвої монополізації повноважень та розвантажити державні органи.
2. У контексті входження України в європейську спільноту, під час упровадження систем моніторингу чутливої інформації на основі ШІ, зокрема щодо здоров'я, слід урахувати специфіку європейського ставлення до персональних даних громадян. Разом з тим, медицина, діагностування симптомів таких хвороб, як COVID-19, є перспективним напрямом упровадження ШІ.
3. Наявні в Україні державні програми та законодавчі документи не до кінця розробили парадигмальне бачення розвитку ШІ, яке включало б такі компоненти, як: чітке розуміння мети й масштабів технологічної трансформації в світі; визначення місця України в глобальному розподілі виробництва інновацій та практичних механізмів досягнення цього місця.
4. Поряд із тим, що Україна має потенціал стати хабом для ІТ-компаній з пострадянського простору (що засвідчив приклад міграції фахівців з Білорусі в 2020 році), також слід визнати, що українські фахівці задіяні перш за все в міжнародних проєктах як постачальники додаткових послуг, а не лідери процесів. Держава має стимулювати участь українських фахівців у розробці продуктів, які будуть підтримувати вітчизняну економіку, а також будуть розраховані на потреби й перспективні галузі економіки – сільське господарство, альтернативна енергетика, освоєння космосу, озброєння (в тому числі – безпілотні літальні апарати).
5. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні повинна розвивати вже наявні нормативні документи, зокрема Стратегію розвитку інформаційного суспільства в Україні, Концепцію розвитку сфери штучного інтелекту в Україні, але враховувати постійний розвиток технологій та зростання відповідальності (в тому числі – моральної) людей, які впроваджують технології ШІ до суспільного вжитку.

### **До розділу 5. «Світові стандарти штучного інтелекту»**

Важливо, що штучний інтелект є одним з основних чинників у досягненні мети стійкого розвитку (відзначених 17 цілей ООН).

Відомий на сьогодні документ «Керівні вказівки з питань етики для довіреного ШІ» (Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence), які можуть розглядатися як основа політики ЄС у сфері ШІ, в якому експерти ГЕВУ представили своє бачення етичних принципів довіри штучному інтелекту, опублікований 8 квітня 2019 року. У контексті рекомендацій системи штучного інтелекту розглядаються як технічні системи, здатні опрацьовувати інформацію способом, що нагадує розумну поведінку, яка зазвичай включає такі аспекти, як навчання, розпізнавання, прогнозування, планування та контроль.

Рекомендації розглядають інтелектуальні системи таким чином:

По-перше, системи ШІ характеризуються використанням моделей і алгоритмів, що забезпечують здатність навчання та розв'язання таких когнітивних завдань, як формулювання рекомендацій або ухвалення рішень у реальному й віртуальному середовищі. Інтелектуальні системи здатні функціонувати з різною мірою автономності шляхом моделювання знань і представлення отриманих результатів, а також використання даних і

розрахунку кореляційних залежностей. У системах ШІ використовують декілька підходів і технологій: самонавчання системи, що включає глибоке навчання й навчання з підкріпленням; автоматизоване міркування, яке включає планування, диспетчеризацію, представлення знань, пошук і оптимізацію; кіберфізичні системи, зокрема Інтернет речей і робототехніка; функції контролю та розпізнавання, що об'єднують у собі опрацювання даних, зібраних датниками, а також роботу виконавських елементів у середовищі функціонування систем ШІ.

По-друге, разом з аспектами етичного характеру, аналогічними тим, які виникають у рамках застосування будь-якої технології, системи штучного інтелекту ставлять перед людством питання нового типу. Деякі з них зумовлені тим, що інтелектуальні системи виявилися здатними робити те, що раніше було під силу тільки живим істотам, а у ряді випадків - тільки людині. Ці особливості дозволили покласти на системи ШІ нові серйозні завдання щодо забезпечення життєдіяльності людини й суспільства. Якщо спробувати зазірнути далі, то в довгостроковій перспективі системи штучного інтелекту зможуть змагатися з людиною з точки зору своєї здатності осмислення людського досвіду й моделювання людської свідомості, що породжує додаткові питання щодо реальної самостійності, унікальності й величі людини, хоча на сьогодні питання поки так не стоїть.

По-третє, попри те, що пов'язані зі штучним інтелектом питання етичного характеру переважно стосуються конкретної дії систем ШІ на людину й людське суспільство, існує й інший комплекс етичних питань, які належать до взаємодії людини з інтелектуальними системами, а також можливих наслідків, до яких така взаємодія може призвести. У Рекомендаціях зазначається, що обидва види етичних питань тісно взаємозв'язані і є невід'ємними компонентами етичного підходу до ШІ.

### **До підрозділу 7.2. «Штучний інтелект у медицині»**

Слід забезпечити розробку та застосування технологій ШІ при моделюванні, прогнозуванні та управлінні динамікою інфекційних захворювань з урахуванням просторово розподілених впливів в умовах фармако- та імунотерапії, а також застосування нейронних мереж, зокрема генетичних алгоритмів, при томографічній діагностиці біологічних об'єктів.

## **Роскладка А. А.**

### **До розділу 8. «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»**

#### **Державна підтримка пріоритетних спеціальностей вищої освіти України**

Реалізація Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні неможлива без належної підготовки висококваліфікованих кадрів у сфері штучного інтелекту. Згідно зі статтею 10 Закону України «Про вищу освіту», підготовка здобувачів повинна відбуватися відповідно до стандартів вищої освіти України.

Аналіз затверджених МОН України стандартів вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня вищої освіти показав, що жоден з бакалаврських стандартів не містить словосполучення «штучний інтелект». Цей аналіз дозволив виявити серед 108 стандартів лише 4 спеціальності, предметна область, компетентності або програмні результати яких містять термін «інтелектуальний аналіз даних»:

- спеціальність 113 «Прикладна математика»;
- спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»;
- спеціальність 124 «Системний аналіз»;
- спеціальність 126 «Інформаційні системи і технології».

Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні виділяє значну кількість напрямів розвитку штучного інтелекту, проте виявляється, що це практично не відображено в



нормативних документах, якими керуються ЗВО при проєктуванні власних освітніх програм. Унесення змін до затверджених стандартів є доволі складним і довготривалим процесом, тому більш практичним кроком вважається забезпечення державної підтримки цих спеціальностей.

Конкретні способи державної підтримки повинні бути відображені в Умовах прийому для здобуття вищої освіти, які затверджує Міністерство освіти і науки України. Нинішні Умови прийому містять перелік спеціальностей, яким надається особлива підтримка. Проте вперше за багато років у 2022 році в цей перелік не увійшла жодна із зазначених чотирьох спеціальностей. З одного боку, це тішить, тому що означає досить високий прохідний бал для абітурієнтів за останні два роки (критерій виходу із групи пріоритетних спеціальностей). З іншого боку, відсутність підтримки з боку держави певною мірою означає відсутність зацікавленості у підготовки таких фахівців, що суперечить самій Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.

Таким чином, список основних завдань забезпечення реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні **кваліфікованими кадрами** необхідно доповнити таким пунктом:

- віднесення освітніх спеціальностей: 113 «Прикладна математика», 122 «Комп'ютерні науки», 124 «Системний аналіз», 126 «Інформаційні системи і технології», об'єктом вивчення яких є системи штучного інтелекту, до категорії пріоритетних спеціальностей з відповідною їх підтримкою на державному рівні.

**Сергієнко А. М.**

## До підрозділу 2.2. «Основні напрями досліджень штучного інтелекту»

### Щодо розвитку архітектур штучного інтелекту

Три роки тому визнані корифеї галузі комп'ютерних архітектур Дж. Хеннесі та Д. Паттерсон [2019] задекларували початок нової золоті ери комп'ютерних архітектур (див. рис. 1). Тут «золота ера» означає те, що скінчився сорокарічний період бурхливого розвитку матабезпечення при незначних досягненнях у галузі апаратного забезпечення і почався невідворотний період активної розробки нових різноманітних архітектур.



Рис. 1. Матеріали з лекції “A New Golden Age for Computer Architecture”.

Цей перелом зумовлений гальмуванням закону Мура та неможливістю подальшого зростання енергоспоживання комп'ютерних мікросхем. Наслідком є те, що подальший прогрес галузі ІТ можливий лише при переході до спеціалізованих архітектур, зокрема таких, які керуються RISC-процесорами при більш ретельному відношенні до створення алгоритмів та їх програмування. Для розвитку штучного інтелекту це має ряд наслідків.

1. У найближчому, та й далекому майбутньому використання високопродуктивних універсальних архітектур, в тому числі універсальної архітектури для штучного інтелекту, буде неефективним.

2. Про апаратний «штучний мозок» почали серйозно говорити у світі тоді, коли складність експериментальних зразків такого «мозку» перейшла межу близько  $10^{11}$  транзисторів. Тепер такий «мозок» реалізується на більш-менш універсальній архітектурі графічного акселератора і використовується в експериментальних системах типу ADAS та має собівартість порядку  $10^4$  дол. США. Не викликає сумніву, що збільшення кількості транзисторів удвічі не збільшить удвічі рівень інтелекту такого мозку, а лише на десяток відсотків. При цьому вартість та енергоспоживання збільшаться удвічі. Отже, суттєво покращити інтелект такої системи можна лише створивши архітектуру, яка є спеціалізованою до конкретного виду штучного інтелекту. Звідси випливає також таке.

3. Через гальмування закону Мура апаратний «штучний мозок» не буде з часом зменшувати свою вартість при тій самій або трохи зростаючій продуктивності. Тобто його стане невигідним замінювати на новіший через 3-5 років, як це трапляється досі з побутовими та серверними процесорами. Цей фактор, а також використання «мозку» в транспортних та інших роботизованих засобах з підвищеною небезпекою потребують довготривалого терміну служби такого пристрою. Щобільше, такий вартісний «мозок» будуть вилучати зі старих та пошкоджених моделей для повторного використання (зелена планета!). При цьому виникає вимога кардинального збільшення надійності апаратного «штучного мозку». Але ця вимога розходиться з тенденцією зменшення надійності інтегральних схем при зменшенні їхніх проєктних норм у новітній технології ІС. Єдиним виходом стає спеціалізація архітектури для такого штучного інтелекту.

Отже, загальні висновки такі:

Розробка універсальної архітектури штучного інтелекту та елементної бази для неї є марнотратством і не є доцільною.

Комп'ютерна інженерія штучного інтелекту буде розвиватись у напрямі пошуку нових ефективних алгоритмів та спеціалізованих структур для їх реалізації. Також багато уваги приділятимуть підвищенню ефективності програмування поширених архітектур, які адаптовані до завдань штучного інтелекту, як наприклад TensorFlow.

## **Слюсар В. І.**

### **До підрозділу 7.1. «Штучний інтелект у сфері безпеки та в оборонно-промисловому комплексі України»**

Тенденція до роботизації, що охопила різні аспекти діяльності людства, особливо помітна у військовій сфері. Провідні країни світу докладають значних зусиль щодо оснащення військових підрозділів роботизованими системами різного призначення та підвищення ефективності їх бойового застосування. Досвід військово-технічного співробітництва з державами-членами НАТО та відповідними країнами-партнерами свідчить, що військові аналітики розглядають штучний інтелект як проривну технологію для розвитку спроможностей військ. Упровадження штучного інтелекту є важливим трендом у розвитку систем управління полем бою та озброєнням, у тому числі роботизованими платформами [Stanley-Lockman and Hunter 2021].

У сфері військового управління технології штучного інтелекту розглядають як важливе доповнення до людських ресурсів за цілим спектром напрямів, зокрема: розширення ситуаційної обізнаності та обмін даними; координація командування підрозділами; розподіл цілей; координація функціонування датників і засобів ураження; виявлення та ідентифікація загроз, скорочення часу реакції на них; оцінка намірів; напіваавтономний вибір зброї; робота з меншими ресурсами, з частковим вилученням людини з процесу прийняття рішень тощо. У перспективі оптимальний вибір комбінації сенсорів і засобів ураження, залежно від загроз,

має здійснюватися за допомогою штучного інтелекту, роль якого буде постійно зростати як при вирішенні завдань формування ситуаційного уявлення, так і підтримки прийняття рішень.

У 2017–2018 роках у НАТО розпочато процес вирішення завдань стандартизації ШІ. Наразі на цьому шляху вже пройдено кілька етапів. Перший з них стосувався термінологічних аспектів. На початковому етапі фахівці НАТО використовували кілька неофіційних означень штучного інтелекту. Зокрема, учасники досліджень NIAG SG-238 запропонували два альтернативні тлумачення терміна «штучний інтелект» [Слюсар 2020], згідно з якими це:

- спроможність, яку надають алгоритми оптимального або неоптимального вибору з широкого простору можливостей, для досягнення цілей шляхом застосування стратегій, які можуть включати навчання або адаптацію до навколишнього середовища;
- системи, які діють у фізичному або цифровому світі, враховуючи складну мету, сприймаючи своє середовище, інтерпретуючи зібрані структуровані або неструктуровані дані, обґрунтовуючи отримані з цих даних знання і обираючи найкращі дії (відповідно до заздалегідь визначених параметрів), які необхідно виконати для досягнення поставленої мети.

У заключному звіті з дослідження взаємосумісності спільної стратегії повітряних сил *BI-SC Final Report on the Joint Air Power Strategy Interoperability Study (JAPS-IS)* від 15 січня 2020 року використано означення, запропоноване NIAG SG-231: «Штучний інтелект (ШІ) – здатність небіологічної системи досягти будь-якої складної мети за допомогою процесів, порівняних із когнітивними процесами людини, таких як сприйняття, дедукція, розпізнавання, запам'ятовування та навчання».

Перше з офіційних означень НАТО (*NATO adopted*) було включене в настанову *AJP-3.10 Ed. B, Ver. 1. Allied Joint Doctrine for Information Operations*. У її проєкті, датованому травнем 2021 року, в переліку термінів зазначено, що **штучний інтелект – це «розділ інформатики, присвячений розробці систем аналізу даних, які виконують функції, зазвичай пов'язані з людським інтелектом, такі як міркування, навчання та самовдосконалення»**.

Паралельно з унормуванням означень ШІ експерти НАТО розпочали процес узгодження відповідних акронімів. Наприклад, при розробці настанови *AJP-3.3.2 (B) «Allied Joint Doctrine for Close Air Support and Air Interdiction, Study Draft 1»* було прийнято рішення вилучити скорочення *AI* для терміна *Air Interdiction*, залишивши його стосовно штучного інтелекту (*Artificial Intelligence*). Разом з тим, гармонізація акронімів ще не досягла остаточного вирішення.

Віддзеркаленням поглядів аналітиків на можливі сфери військового застосування ШІ є поступово зростаючий за кількістю документів кластер стандартів, у яких відображені окремі аспекти ролі та місця засобів штучного інтелекту у тих чи інших місіях. Суттєво, що ці документи зі стандартизації вже охоплюють усі середовища ведення мультидоменних операцій – суходіл, повітря, морський та кібернетичний простори. Крім того, інтеграція відповідних нормативних положень щодо ШІ поступово поширюється на всі складові оборонних потенціалів *DOTMLPFI* (*Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership, Personnel, Facilities, Interoperability*), а саме: доктрини, організацію, тренування, матеріальне забезпечення, лідерство, персонал, засоби, взаємосумісність. Наприклад, у настанові *ATP-49(G) «Use of Helicopters in Land Operations» Ed. G Ver. 1* передбачено використання ШІ в наземній операції для управління підрозділом безпілотних літальних апаратів (*UAV*) (Рис. 2), у тому числі в складі інтегрованого з вертолітною групою комбінованого пілотажно-безпілотного підрозділу (*MUM-T*).

У настанові *ASCP-01 Ed. A Ver. 1* (квітень 2020 року) «*NATO Stratcom Training Standards*» (*Annex F, page F-5*) стандартизовано вимоги до загальних компетенцій спеціалістів з оцінки інформаційного середовища (*Information Environment Assessment Specialists*), які повинні мати здатність розуміти і застосовувати штучний інтелект і машинне

навчання для оцінки інформаційного середовища (IEA): «*Understand and apply Artificial Intelligence/Machine Learning in IEA. (PL 200)*».

Дорожня карта реалізації спіралей Федеративної мережі місій (FMN) у редакції 2019 року визначила метою 6-ї спіралі FMN покращити процеси аналізу та прийняття рішень шляхом включення в них ІІ. Відповідний графік реалізації 6-ї спіралі передбачає, що в листопаді 2022 року буде розпочато процес формування вимог до експлуатації та безпеки з завершенням у 2024 році розробки фінальних специфікацій, у тому числі технічних. При цьому початок експлуатації відповідних технологій штучного інтелекту в рамках FMN запланований на 2027 рік з їх масовим оперативним використанням у 2028–2029 роках.

Значні сподівання щодо використання ІІ в медичній сфері відображені в настанові AJMedP-5 Ed. B, Ver. 1 «*Allied Joint Doctrine for Medical Communications and Information Systems*». Зокрема на с. 5-10 міститься окремий параграф «*Automation and Artificial Intelligence*», в якому вказано, що автоматизація процедур і використання нинішнього та майбутнього штучного інтелекту дозволять поліпшити командування і управління медичними підрозділами, особливо в ситуації з масовими жертвами, будь то в бойовій чи в гуманітарній місіїх (*The automation of procedures and the use of current and future Artificial Intelligence will enable better command and control particularly in Mass Casualty situation whether in combat or on humanitarian missions*).

Той факт, що штучний інтелект вже може суттєво впливати на ведення наземних операцій, констатовано в настанові ATP-3.2.1.1 «*Conduct of Land Tactical Activities*» (Ведення наземних тактичних дій), додаток D «*Considerations on countering UAS threat*».

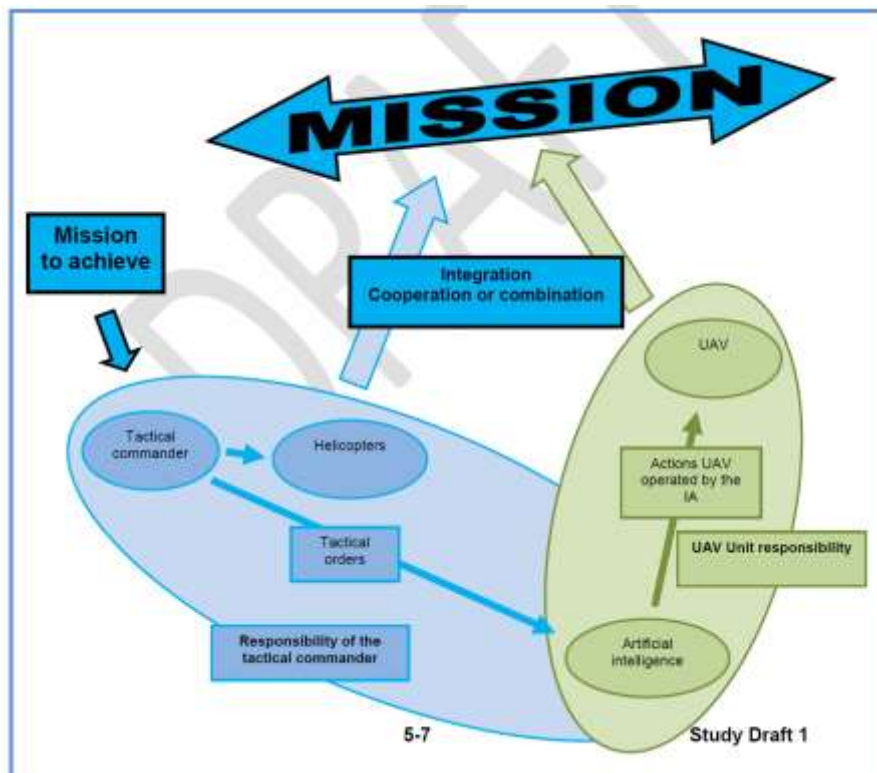


Рис. 2. Використання штучного інтелекту в складі MUM-T (ATP-49(G)).

Проте найрадикальнішим є підхід, запроваджений у доктрині AJP-3.10.2 «*Allied Joint Doctrine for Operations Security and Deception*», Ed. A Ver. 1, яка стосується операційної безпеки і обману. В ній вперше ІІ фігурує нарівні з людиною як суб'єкта, що приймає рішення: «*For the purposes of AJP-3.10.2, a decision-maker is understood to be a person or artificial intelligence responsible for decision making within an adversary or population's hierarchy*». При цьому ІІ як особа, що приймає рішення, може перебувати на будь-якому

рівні ієрархії та в будь-якому середовищі і має бути в змозі впливати на посилення поведінки або креативно змінювати її.

На черзі – початок технічної стандартизації засобів штучного інтелекту, зокрема вимог з безпеки застосування ШІ в системах озброєння тощо. Першим технічним стандартом НАТО, який враховує застосування ШІ, може стати настанова *AOP 4452*. Згідно з презентацією голови підгрупи з безпеки дизайну боєприпасних систем (*SG/B*) на засіданні Групи НАТО з питань безпеки боєприпасів (*AC/326, CASG*) у червні 2021 року, до проєкту оновленої версії цієї настанови планується включити розгляд вимог з безпеки використання ШІ в боєприпасних системах. Річ у тім, що інтеграція модулів ШІ до розумних (*smart*) боєприпасів розглядають як важливий тренд у розвитку засобів ураження. Такі модулі будуть здатні аналізувати поле бою, забезпечувати виявлення та ідентифікацію цілі в попередньо визначеному районі й обирати відповідний ефект, специфічний для ідентифікованої цілі. Зокрема, боєприпас зі штучним інтелектом повинен відрізнити важку броньовану ворожу машину від піхотного загону в пішому порядку і надати в першому випадку кумулятивний ефект (*HEAT, High Explosive Anti Tank*), а в другому – ефект осколкової або несмертельної дії (наприклад, потужний електромагнітний імпульс). Баражувальний боєприпас або ударний безпілотний літальний апарат (БПЛА), оснащений зазначеним модулем ШІ, збільшить здатність пригнічувати або нейтралізовувати дії супротивника, щоб зменшити кількість нанесених залпів, мінімізувати час уразливості від контрбатарейного вогню противника, максимізувати ефективність боєприпасів із мінімальними супутніми збитками.

Разом з тим, аналіз поточного механізму стандартизації в НАТО дає змогу зробити висновок, що стандартизація технологій штучного інтелекту у військовій сфері має здійснюватися як складова процесу формування системи систем стандартів (*System of Systems of Standards, S3*) [Слюсар 2017]. Ця *S3* повинна являти собою ієрархічну, багатовимірну та багатофункціональну, взаємоузгоджену інтеграцію системоутворювальних кластерів нормативних документів. Потреба саме в такій структурі системи стандартів зумовлена тим, що вона повинна забезпечувати розробку, випробування та обслуговування всього життєвого циклу системи систем озброєння та військової техніки із застосуванням ШІ і бути її віддзеркаленням. У цьому контексті заслуговує на увагу концепція міжвидових (*cross-domain*) стандартів НАТО [Слюсар 2018], яка передбачає, що такі стандарти могли б поєднувати в одному документі опис специфіки використання ШІ в інтересах сухопутних військ, військово-повітряних та військово-морських сил, наприклад у вигляді окремих розділів або додатків. Як варіант, частину стандартів можна застосовувати без змін в усіх перелічених видах військ, що також має бути спеціально застережено та схвалено основними групами Конференції національних директорів озброєнь, КНДО (*CNAD*). Такий підхід дозволить уникнути дублювання в стандартизації, гармонізує використання стандартів стосовно ШІ у різних видах збройних сил, дасть можливість скоординувати роботу експертних спільнот основних груп КНДО НАТО за спорідненими напрямками стандартизації технологій ШІ.

До ключових напрямів стандартизації ШІ у сфері безпеки і оборони належать:

- операційні сценарії та типові приклади використання (*use cases*) ШІ;
- мінімальні військові вимоги до систем зі штучним інтелектом;
- режими роботи систем зі штучним інтелектом;
- загальна архітектура, основні технічні характеристики систем зі штучним інтелектом та протоколи обміну великими даними;
- інтерфейс взаємодії користувача зі штучним інтелектом.

Якщо розглядати типові сценарії використання ШІ, то як приклад можна вказати, що на допомогу водію-механіку бронетехніки ШІ може виконувати низку типових функцій:

- попередження про можливість перекидання та визначення безпечного шляху;
- виявлення раптових загроз, які перешкоджають руху;
- візуальне оповіщення для маркування зон, які потребують особливої уваги;

- аналіз гіперспектральних зображень ґрунту для ідентифікації змін на його поверхні, що є ознакою штучного маскування саморобних вибухових пристроїв чи мін;
- ідентифікація камуфляжу на тлі природного ландшафту тощо.
- Подібні переліки мають бути створені для всіх можливих сфер військового використання ШІ.

Стосовно інтерфейсу важливо зауважити, що як засіб комунікації між штучним інтелектом та людиною доцільно розглядати технологію доповненої реальності (ДР), оскільки результати опрацювання інформації штучним інтелектом найзручніше донести оператору за допомогою візуальних, акустичних і тактильних символів ДР. У такий же спосіб доречно також ставити завдання системі ШІ, тим більше, що стандартизувати символи ДР значно легше, ніж досягти повної технічної сумісності систем різних виробників. Зокрема, зворотню взаємодію людини зі штучним інтелектом на основі доповненої реальності можна здійснювати шляхом призначення для ШІ зон, які підлягають аналізу, використання різних варіантів графічного інтерфейсу для введення вихідних даних, перетворення голосових повідомлень на команди переміщення тривимірних об'єктів ДР, їхньої орієнтації тощо.

Через ДР, зокрема через хмаринний сервіс, можна організувати взаємодію кількох систем ШІ між собою. Наприклад, спеціально призначена система ШІ може синтезувати тривимірну картину місцевості за контурними двовимірними зображеннями, отриманими з багаторакурсних знімків, зроблених рознесеними у просторі платформами ШІ. З метою максимальної реалізації потенціалу ДР як інтерфейсу систем ШІ важливо визначити вимоги до відповідної функціональності. Крім того, необхідна стандартизація дизайну символів ДР з метою взаємосумісності результатів роботи ШІ з операторами та іншими системами ШІ.

Слід підкреслити, що ШІ слід залучити до генерації контурних символів цілей у процесах цілевказування шляхом передачі лише оболонок цілей як символів ДР, які далі накладатимуться на реальні зображення навколишнього середовища. Все це потребує розгортання масштабних робіт щодо формування відповідних наборів даних. У такий же спосіб за допомогою ШІ слід формувати тривимірні символи доповненої реальності, здійснювати їх анімацію, забезпечувати мінімізацію ефектів оклюзії при візуалізації кольорових символів ДР на дисплеї. Важливо, що вибір оптимальної світності символів ДР для різних фонових об'єктів є доволі актуальним завданням. Залежно від позиції та просторової орієнтації поєднаних у мережу бойових платформ, навколишній фон може бути різним і досить часто збігається за яскравістю та кольором із символами ДР. Це призводить до часткової або повної втрати функціональності систем ДР. За допомогою ШІ цю проблему можна подолати шляхом адаптивного вибору кольору та яскравості символу ДР при накладанні його на фонову картину. Засоби ШІ повинні оцінювати фонову ситуацію і призначати оптимальний колір для символів ДР, вмикати динамічну зміну їхньої яскравості та кольору при візуалізації, або ж активувати їхню пульсацію (мерехтіння), обертання та інші ефекти анімації. У такий же спосіб використання ШІ дозволить запровадити допоміжну, напівпрозору кольорову підкладину, яка була б перехідним буфером між кольоровою палітрою фону та символом візуалізації даних. У цьому випадку адаптивний вибір сполучення кольорів допоміжної підкладини, фону та символів ДР слід також покласти на ШІ.

Алгоритми ШІ можуть створювати не лише контурні символи цілей, але й візуалізувати моделі їх уразливостей, які зараз використовуються для моделювання та симуляції. Ці візуалізовані моделі вразливості сегментують ворожі об'єкти на кілька зон для ураження, забезпечуючи більш ефективний їх вибір з метою досягнення максимальної ймовірності нейтралізації або руйнації цілі. Інформацію про такі зони можна розподілити як символи ДР між об'єднаними в мережу бойовими машинами всередині підрозділу для колективного обстрілу складних цілей. Рівень сегментації контурних символів ДР можна змінювати залежно від відстані до цілі, а стан такої декомпозиції слід використовувати як додаткову інформацію про поточну відстань до об'єкту вогневого впливу.



Доступні технології ШІ здатні забезпечити генерацію зображень за їх голосовим або текстовим описом, перетворювати текстові звіти та повідомлення в анотації та символи доповненої реальності або ж, за потреби, озвучувати їх чи трансформувати в аудіосимволи. У цьому контексті актуальним завданням загальнонаціонального рівня є створення мовної моделі української мови. Це дозволить створювати інтелектуальних помічників командирів, генерувати сценарії навчань з реалістичним наповненням їх сюжетів і послідовністю дій умовного противника, значно полегшить збір інформації з неструктурованих текстів тощо. У перспективі на цій основі можливий синтез ДР та синтетичного віртуального середовища за допомогою ШІ, що дозволить суттєво поліпшити якість тренувань і військових навчань.

Разом з тим, синергія між ШІ та автономією у військовій сфері створює низку проблем з безпеки застосування автономних систем озброєнь, заснованих на ШІ, якими переймаються не тільки експерти НАТО, але й всього світу. Зокрема, реальні загрози появи летальних автономних систем зі штучним інтелектом на полі бою та можливі внаслідок цього ризики для цивільного населення спонукали до перегляду пріоритетів у діяльності Управління Організації Об'єднаних Націй (ООН) з питань роззброєння (*UNODA*). Відповідно також було скореговано зміст діяльності Інституту ООН з дослідження проблем роззброєння (*UNIDIR*), а у складі *UNODA* було створено спеціальну Групу урядових експертів з питань летальних автономних систем (*GGE LAWS*) [Слюсар 2021].

Під орудою *UNIDIR* було проведено серію командно-штабних навчань у кількох регіонах світу з різними сценаріями можливого застосування автономних систем озброєнь зі штучним інтелектом. Їх результати є важливими в контексті формування стратегічних підходів і тому заслуговують ретельного розгляду.

До навчань були залучені технічні, військові та юридичні експерти і дипломати. Розроблені сценарії розглядаються як інструмент для формування більш практичного і детального уявлення про відповідний оперативний і тактичний контекст. При цьому було використано два методологічні підходи, що стосувалися:

- процесу цілевказування (*targetting*) з різним рівнем залучення автономних систем озброєння;
- дослідження впливу на процес прийняття рішень різного рівня контролю з боку людини над автономними системами озброєнь залежно від типу цілей, географічних та інших умов, з урахуванням потенційних ризиків для цивільних осіб. Головну увагу приділяли не повністю автономним системам зі штучним інтелектом, у яких усі етапи націлювання здійснюються без будь-якого контролю з боку людини, а так званий «сірій» зоні, коли автономія застосовується для виконання обмеженої кількості конкретних завдань, що технічно можуть бути здійснені. При цьому було виявлено багато нових відкритих питань, що потребують розгляду та юридичного врегулювання.
- Основні припущення, які були покладені в основу навчань, такі:
- технологічні розробки розглядалися в еволюційному розвитку, оскільки існує невизначеність даних стосовно потенційних спроможностей революційних технологій (наприклад, у віддаленій перспективі впровадження квантових обчислень здійснить безпрецедентний вплив на розвиток ШІ), тому важливо було зосередитися на сучасному стані справ та реалістичній оцінці покрокового розвитку технологій у часі;
- експерти обмежилися розглядом виключно автономних систем озброєнь зі штучним інтелектом, які можуть бути розгорнуті у фізичному середовищі і здатні завдати кінетичного ефекту, тому кібернетична зброя лишилася за рамками досліджень; крім того, експертів не цікавили багатовимірні системи, які можна використовувати для розвідки і спостереження у військових і цивільних інтересах;
- з розгляду було вилючено системи підтримки прийняття рішень на основі технології ШІ, які вже можна використовувати з метою планування;

- навчання зосереджували на рішеннях щодо розгортання летальних автономних систем озброєння, при цьому політичні рішення щодо придбання або розробки таких технологій лишилися за рамками досліджень.

Аналітичною основою досліджень слугувала типова схема врахування людського чинника при прийнятті рішень щодо застосування сили, опублікована *UNIDIR* у 2020 році [Human element 2019]. Ця інфографіка є лише верхівкою айсберга, оскільки процес прийняття рішення щодо законного застосування сили є дуже складним і починається набагато раніше фактичного використання сили. Передусім, цей процес бере початок із наведеної внизу схеми політичного рішення щодо необхідності військового втручання, потім проходить кілька рівнів планування та оцінки і фактично доходить до того моменту, коли система озброєння розгортається на полі бою.

Незважаючи на загальне намагання прискорити проведення навчань, у ході них було застосовано саме такий широкий підхід. За рамками видимої частини айсберга лишилися важливі рішення та ключові параметри, які мають визначальний вплив на застосування сили. Наприклад, на стратегічному рівні це визначення правил ведення бойових дій і загальних цілей для ураження – зокрема які цілі допустимі для ураження, а які ні. На операційному рівні об'єкти ураження уточнюють, їх перелік стає більш детальним, його ретельно аналізують і затверджують. Особи, які приймають рішення, визначають найкращий тип систем озброєння для досягнення бажаного ефекту. Крім того, оцінюють супутні втрати з урахуванням усіх чинників. Усю цю інформацію передають далі на тактичний рівень, де забезпечується виконання місії з детальним плануванням усіх необхідних заходів. На всіх перелічених етапах першочергове значення має контекст із урахуванням параметрів, обставин і обмежень.

Процес ураження на тактичному рівні поділявся на 5 етапів:

1. Пошук цілей: навігація і маневр на полі бою для виявлення цілей, спираючись на наявну інформацію, розвідку та зібрані у реальному часі дані.
2. Фіксація (виявлення) цілей і взяття на супровід: після виявлення цілей сенсори використовують для визначення координат об'єктів ураження, подальшого моніторингу навколишнього середовища і забезпечення впевненості в тому, що позитивна ідентифікація цілей підтримується у просторі та часі.
3. Цілевказування: остаточна перевірка цілей перед ураженням з урахуванням різних форм оцінки ризиків і відповідності правилам ведення бойових дій, міжнародному гуманітарному праву.
4. Ураження: атаку здійснено із застосуванням зброї або призупинено чи скасовано.
5. Оцінка результатів: оцінювання ефективності атаки та прийняття рішення щодо подальших дій – у тому числі, за необхідності, проведення повторної атаки чи відслідковування або очікування прояву наслідків і перехід до пошуку нових цілей.

Для кожного з цих етапів було розглянуто 4 можливі рівні управління зброєю зі штучним інтелектом:

1. Повний прямий контроль.
2. Людина в контурі управління: система виконує поставлене завдання автономно, проте необхідне втручання людини для перевірки і виконання специфічних дій.
3. Людина над контуром управління: система виконує поставлене завдання автономно, але під наглядом людини-оператора, який може за потреби втручатися, корегувати або переривати специфічні дії.
4. Людина вилучена з контуру управління: система зі штучним інтелектом виконує поставлене завдання повністю автономно, без нагляду і втручання людини-оператора.

У ході навчань для кожного зі сценаріїв експертів запросили створити ідеальну, на їх погляд, конфігурацію управління, подавши її у вигляді таблиці (табл. 1). У наведеній версії комірки заповнені для прикладу. При цьому одиницею позначено наявність відповідного рівня контролю на тому чи іншому етапі, а його відсутність – нулем.



У ході навчань при заповненні таблиці технічні експерти зробили свій висновок, спираючись на власне розуміння технічної здійсненності застосування можливих рівнів контролю для різних завдань у різних контекстах. Військові експерти підійшли до цього питання більше з позицій військової доцільності або досягнення військової переваги. У той же час з правової точки зору відповідь на питання більше фокусувалася на тому, які юридичні наслідки або юридичні міркування щодо допустимості летальних дій будуть додатково застосовуватися у конкретному випадку.

Таблиця 1. Матриця конфігурації управління ШІ

Етап	Рівень контролю			
	Повний	Людина в контурі	Людина над контуром	Людина поза контуром
Пошук цілей	0	0	1	1
Виявлення і супровід	0	1	1	1
Цілевказування	1	1	1	0
Ураження	1	1	1	0
Оцінка результатів	1	1	1	1

Фахівці *UNIDIR* також запросили експертів визначити, які чинники вплинули на їхню оцінку, і в результаті зафіксували дуже широкий спектр категорій впливу – від типу цілі, середовища, в якому знаходиться ціль, до домену (на суші, на морі, в повітрі), типу місії і її параметрів. Крім того, час атаки, її місце та бажаний ефект впливали на оцінку ризиків для цивільного населення і своїх військ, а також на вибір технічних характеристик систем озброєння.

Під час навчань розглядали 4 типові сценарії бойових дій.

1. Виявлені ворожі безекіпажні ракетні установки без військового або цивільного персоналу, споряджені і готові для стрільби. Бажаний ефект – руйнація пускових установок.
2. Ворожі БПЛА оснащені зброєю і активні цілодобово протягом тижня, останнє їхнє місцеперебування було відоме за 12 годин до початку навчань. Бажаний ефект – нейтралізація БПЛА.
3. Лінії комунікацій застосовуються ворожими силами для поповнення запасів озброєння і боєприпасів, дороги використовуються цивільними, поряд розташовані житлові будинки. Бажаний ефект – руйнація ліній комунікацій.
4. Ворожий конвой у русі, його позиція на дорозі невідома, дорога також використовується цивільними. Бажаний ефект – знищення конвою до досягнення ним меж міста.

Зазначені сценарії не були призначені для того, щоб охопити всі можливі випадки. Вони були лише інструментом, який мав стимулювати обговорення чогось більш конкретного і вимірюваного. Аналіз сценаріїв свідчить, що в двох із них місцеперебування цілей було відоме (сценарії 1 та 3), а в двох інших – невідоме. Було передбачено різний типаж цілей – фіксовані і мобільні, військові платформи, інфраструктура та конвой. Іншим важливим параметром сценаріїв був клас збитків, ризик супутніх збитків, потенційна участь цивільного населення.

Результати опитування трьох категорій експертів (технічні, військові та юридичні фахівці) для кожного із зазначених сценаріїв дали змогу зробити цікавий висновок, що коли експертам надають широкий спектр можливостей для контролю над автономною зброєю зі штучним інтелектом, більшість із них часто схиляється до якогось варіанта, який дозволив

би людям зберегти деяку форму контролю або участі. Експерти дуже рідко вибирають крайні випадки повного контролю чи вилучення людини з контуру управління. Звичайно, при цьому було виявлено певні регіональні аспекти та регіональні варіації. Не кожен регіон тим чи іншим чином відреагував так само, як інший, хоча, дивлячись на агреговані дані, слід вказати, що існує багато варіантів і ступенів відмінностей у рамках тих самих експертних спільнот у різних регіонах і між експертними співтовариствами. Тому дуже складно виділити одну конкретну тенденцію, яку можна застосувати виключно до однієї експертної спільноти.

Іншою важливою характеристикою є графічні залежності розподілу думок експертів стосовно допустимого рівня автономності зброї зі штучним інтелектом для кожного з етапів процесу ураження цілей на полі бою. Суттєво, що для кожного з етапів бойових дій що плоскіший характер має крива залежностей, то більше варіантів розбіжностей існує у поглядах експертів у рамках одної групи. Що більше піків видно на кривій, то більше експертів схилиються до відповідної спільної позиції. Аналіз свідчить, що насправді результати навчань дали змогу зафіксувати багато відмінностей у підходах між технічними та військовими експертами і правниками. Проте для сценарію нейтралізації БПЛА стосовно етапу пошуку цілей розподіл думок різних категорій експертів є дуже схожим і зводиться переважно до доцільності повної автономності систем пошуку.

Важливо також урахувати, що багато експертів підкреслили можливість компромісних рішень, коли рівень автономності, делегований конкретній системі зі штучним інтелектом, може змінюватися залежно від того, яка автономність передбачена для подальших етапів або передувала поточній ситуації. Більш детальний аналіз отриманих даних викладено в офіційному звіті *UNIDIR*.

За результатами навчань було сформульовано найважливіші технічні міркування. Зокрема, ознака «автономний» не є синонімом понять «автоматизований» (automated) і «автоматичний» (automatic). Різницю між цими трьома концепціями можна проілюструвати на прикладі втрати зв'язку між наземною станцією управління і дроном.

Коли цей зв'язок розривається, для досягнення компромісу спрацьовує запрограмований автоматичний тригер, який спонукає дрон зробити тайм-аут, наприклад на одну хвилину, і затриматися на місці, очікуючи, поки канал зв'язку не буде відновлено. Якщо після закінчення тайм-ауту зв'язок не відновлюється, то автоматично запускається зворотний відлік часу, який ініціює автоматичний процес польоту в інше місце, щоб дочекатися встановлення зв'язку. Якщо навіть цей процес зазнає невдачі, є інший тригер, який автоматично спрацьовує і дрон летить в означену зону для виконання контрольованої посадки. Це все є прикладами автоматичних тригерів, які використовує система для реалізації автоматизованих процесів, замість того, щоб повідомляти дрону, куди йти, щоб чекати сигналу, або де приземлитися у випадку, якщо сигнал пропадає, скажімо, більш ніж на годину. Якщо всі ці дії сплановано заздалегідь, автоматизована система буде виконувати їх в автоматичному режимі.

Прикладом автономії є ситуація, коли у разі надходження повідомлення про втрату зв'язку дрону визначають лише параметри безпечного місця приземлення. Наприклад, це можуть бути вимоги віддалення такого місця не менше, ніж на 50 км від району операції, щоб поблизу не було житла і виконувалась низка інших обмежень. При цьому системі дозволено самій визначити краще місце для автономного приземлення. Таким чином, складне завдання, що ставиться машині, запускає більш складний процес прийняття рішень і аналізу даних, який система повинна робити, щоб керувати своєю поведінкою.

Технологія ШІ забезпечує автоматизацію і автономність, але вона не автономна сама по собі. Якщо розглядати автономію як заключну ланку розвитку спроможностей прийняття рішень людиною, то технологія ШІ найбільш придатна для автономії, але не обов'язково єдина. Знову ж таки, слід визнати, що спроможність ШІ перевершувати людей сьогодні обмежується конкретними завданнями з розпізнавання об'єктів. Відповідні технології ШІ більш просунуті, ніж розуміння поведінки. Тим не менше, все ще існують значні обмеження, коли справа доходить до реального використання ШІ, який добре працює в контрольованих

середовищах або лабораторіях. Відповідна проблема має назву «моделювання реального розриву». Значний акцент роблять також на нездатності ІІІ до узагальнень і перерозподілу продуктивності між різними завданнями залежно від їх контексту, оскільки ІІІ здатен добре виконувати конкретне завдання в дуже специфічному контексті. Це означає, що той же самий алгоритм не буде однаково ефективно працювати для інших завдань.

Багато експертів висловили думку, що впровадження автономії буде поступовим і обмежитися тими завданнями й функціями, які продемонструють, що ІІІ зможе задовольнити вимоги передбачуваності та надійності. Остаточне рішення лишається за кінцевим користувачем. Це не виключає, що деякі нерозсудливі актори вирішать інтегрувати ІІІ у критичні ролі, як тільки вони це зможуть. Але якщо виключити такі випадки, експерти погоджуються, що це буде, швидше за все, поступове введення.

Слід підкреслити важливість даних, які вважають ключовими для навчання, тестування і розгортання ІІІ. Тестування та оцінка точності є фундаментальною частиною процесу встановлення або калібрування довіри між людьми-операторами та різними системами ІІІ. Але зараз не вистачає ресурсів, через що велику частину талантів і значну частину коштів задіяно на розробку нових типів, нових моделей і нових засобів ІІІ, а не у вивчення, тестування та перевірку наявних рішень на основі ІІІ.

Звичайно, є деякі очевидні переваги введення ІІІ і при виконанні конкретних завдань. На думку військових експертів, передбачуваними перевагами застосування ІІІ під час місій є швидкість, точність, ефективність ресурсного менеджменту, здатність діяти в умовах відсутності зв'язку. Проте навіть за таких переваг доцільність застосування систем ІІІ буде залежати від контексту й параметрів місій. У будь-якому випадку для військових експертів не було ніякого стимулу припустити, що збройні сили будуть зацікавлені в розгортанні автономних систем озброєння, які вони не можуть контролювати за допомогою більш цілісного контролю, особливо при розгляді критичних функцій. Наявність технологічних рішень не означає, що вони будуть відразу інтегровані у війська. Існує ціла структура, яка повинна бути розроблена, щоб пов'язати технологію з військовим потенціалом, і вона включає в себе доктрини, організаційні структури, навчання і под. (*DOTMLPFI*). Немає причин вважати, що можливості технологій ІІІ повинні скоротити будь-який з цих важливих кроків. У всякому разі, вони зроблять їх ще більш актуальними і важливими.

Крім того, використання автономних систем зброї ніяк не знижує юридичну відповідальність за наслідки для тих осіб, які приймають рішення. Проте деякі експерти вказали на те, що можуть виникнути нові проблеми, пов'язані з неправильним призначенням відповідальності людини або кримінальної відповідальності за використання зброї, що виникла в результаті помилок безпечних систем зі штучним інтелектом.

Варто зауважити, що організатори навчань спростили опис сценаріїв заради економії часу. Для відповідності цілям досліджень сценарії більш високого рівня був достатнім з точки зору того, які елементи принципів міжнародного гуманітарного права виконуються. У будь-якому випадку сценарії не були занадто складними, проте вони дозволили зберегти необхідний рівень достовірності. Разом з тим, це тільки початок і в майбутньому можливо буде запускати набагато складніші і більш реальні сценарії.

Усі задіяні експертні групи були з різних причин стурбовані якістю даних, якими оперує автономна система зі штучним інтелектом, проте найбільше цим переймалося технічне співтовариство, яке вважає дані ключовим фактором для тестування та розгортання автономних систем озброєння. Військове співтовариство було стурбоване проблемою даних, оскільки воно знає, що від їхньої якості може явно залежати продуктивність системи ІІІ. Військовим експертам відома важливість тестування і перевірки машини тими ж оперативними даними, які потім будуть використовуватися, коли система розгортається на полі бою.

І, звичайно, юридична спільнота, залежно від регіонів, більш-менш усвідомлювала юридичну важливість даних. Проте серед неї не було розуміння того, що зрештою автономна система зброї зі штучним інтелектом взаємодіятиме з даними, і якщо ці дані будуть

неоптимальними або відрізнятимуться від тих, для яких система була підготовлена, то можуть виникати додаткові питання, що стосуються передбачуваності та надійності системи.

Навпаки, військові експерти висловлювали побоювання з приводу надійності систем III. Вони підкреслюють першочергову важливість міжнародного гуманітарного права і, зокрема, відносну важливість принципів, які необхідно буде прив'язати до конкретного сценарію і конкретного виду зброї.

Відповідні дослідження щодо застосування автономних систем озброєнь зі штучним інтелектом будуть продовжені і в подальші роки з урахуванням упровадження нових технологій. З огляду на це, важливо забезпечити участь представників України у роботі КНДО НАТО та Групи урядових експертів з питань летальних автономних систем (ГУЕ ЛАСО) Управління ООН з питань роззброєння. Ефективним методом співробітництва слід вважати активну участь у дискусіях та виступи з коментарями щодо порушених питань з урахуванням творчого використання досвіду національних експертів для впровадження новітніх ідей у відповідні нормативні документи.

**Стрижак О. Є.**

### До розділу «Вступ»

Економічний розвиток будь-якої країни у XXI-му столітті повністю залежить від рівня представлення на світовому ринку систем знань, які певним чином циркулюють в усіх ланках соціально-економічних відношень у суспільстві. Ключовим проявом цього явища є становлення *економіки знань* (англ. *knowledge economy*), яка формується на основі міждисциплінарно пов'язаних між собою процесів створення, опрацювання, зберігання, поширення та використання знань. Це зумовлює те, що когнітивно-комунікативні сценарії взаємодії в усіх сферах соціально-економічної діяльності держави також цілком залежать від її спроможності ефективно опрацьовувати наявні знання та комплексно використовувати вже накопичені інформаційні ресурси. Але інформаційні ресурси, які репрезентують системи знань за сукупністю та характером викладу, належать до класу великих даних (англ. *big data*). Усі вони також характеризуються багатоаспектністю, множинними латентними зв'язками тощо.

Вирішення проблем розвитку та ефективного використання систем знань у різних галузях людської діяльності, як свідчить світовий досвід, лежить у площині застосування сучасних інформаційних технологій, що реалізуються на засадах штучного інтелекту як однієї з ключових технологій сучасності.

Агентство передових оборонних дослідницьких проєктів США (DARPA) визначило XXI століття початком ери трансдисциплінарних досліджень. Цілком забезпечити реалізацію цього меганапряму наукового й науково-технічного розвитку як складової економіки знань можливо на засадах використання усіх засобів штучного інтелекту. При цьому забезпечується формування логічних метарамок, за допомогою яких знання, що відображають результати трансдисциплінарних досліджень, можуть бути консолідовано інтегровані у різні галузеві напрямки розвитку інформаційного суспільства й, як наслідок, сприятимуть розбудові економіки знань.

Такі особливості сучасного етапу становлення суспільства знань зумовлюють актуальність проблеми створення інтелектуальних інструментів і засобів, спроможних узяти на себе принаймні частину основних когнітивних функцій людини. Тому подальший розвиток економіки знань, особливо в нашій країні, практично цілком залежить від того, наскільки ефективно буде реалізовано й використано досягнення в сфері інформаційних технологій і штучного інтелекту.

**Терещенко В. М.**

### **До розділу 1. «Парадигма»**

#### **Місце України в світовій екосистемі штучного інтелекту. Проблематика**

Незважаючи на те, що Україна була багато років активним гравцем у галузі фундаментальних досліджень у ряді сучасних наукоємних напрямів, на сьогодні ці позиції дещо втрачаються. Зокрема, багато наших випускників провідних вузів, які спеціалізуються у галузі інформаційних та комп'ютерних технологій, погоджуються на запрошення провідних закордонних ІТ-компаній. Промисловість України стикається з жорсткою глобальною конкуренцією, що поєднується з труднощами у фінансуванні інвестицій з високим ризиком у складних технологічних сферах, включаючи інформаційні та комп'ютерні технології. Їм також заважає старіння інфраструктури, включаючи техніку, яка не готова до оцифровування, та існуючі виробничі потужності країни, а також через відсутність можливостей масштабування та дифузії технологій. Потрібні тривалі інвестиційні цикли у ключових галузях України, зокрема енергомістких галузях.

Дослідження та інновації визнані важливим джерелом економічного росту та конкурентоспроможності, але існує нагальна потреба у більшій кількості інвестицій в Україну, зокрема в промисловість. Існує потреба інтегрувати горизонтальну промислову та інноваційну політику з галузевою та технологічною, щоб сприяти промисловій трансформації до економіки знань шляхом посилення присутності високотехнологічних секторів, одночасно сприяючи модернізації низько- та середньотехнологічних секторів та їх здатність засвоювати нові технології. Державні інвестиції України в НДДКР у цифрових технологіях значно менші, ніж у провідних індустріальних країнах, таких, як країни Євросоюзу, США, Канади та Азії (Китай, Японія, Південна Корея). А у таких високотехнологічних сферах, як штучний інтелект (ШІ), державні та приватні інвестиції в Україну у десятки разів менші. Китай розробив стратегічний план на підтримку технологій ШІ вартістю 150 млрд доларів, включаючи розробку чіпів ШІ, який завершується у 2025 році. Цей план забезпечує позиції Китаю як глобальної супердержави у високотехнологічних галузях промисловості, а також значною мірою зосереджений на застосуванні технологій ШІ в десяти стратегічних секторах.

Розвиток промисловості та інформаційних технологій, з одного боку, посилюють соціальну інтеграцію, а з іншого боку зростає ризик поділу суспільства за ступенем кваліфікації працівників, які мають високий рівень в області інформаційних та цифрових технологій та з деяким консерватизмом кваліфікацій в інших сферах. Також існують проблеми впровадження нових технологій та їх впливу на ринок праці та характер праці; невідповідність навичок та збільшення концентрації багатства. В Україні існують суттєві відмінності у рівні економічної діяльності та ефективності ринку праці, включаючи технологічну спеціалізацію та інвестиції в дослідження та інновації. Завдяки впровадженню нових технологій та автоматизації збільшується кількість висококваліфікованих робочих місць. Найвищі розбіжності у кваліфікації є у професіях, пов'язаних з інформаційними комп'ютерними технологіями (ІКТ), виробництвом і будівництвом. Третина робочої сили України має недостатній рівень цифрових навичок. Відсутність кваліфікованих людей та талантів ризикує уповільнити інвестиції. Наприклад, 9 із 10 виробників намагаються знайти кваліфікованих працівників, які їм потрібні. Подібним чином більше половини компаній, які шукають спеціалістів у галузі ІКТ, і зокрема у сфері ШІ, повідомляють про труднощі з їх набором. Отже, існує потреба реформувати нинішню систему освіти, а також краще передбачити оснащення робочої сили відповідними наборами навичок.

### **До підрозділу 2.2. «Основні напрями досліджень штучного інтелекту»**

#### **Основні напрями досліджень та інновацій**

Основні пріоритети досліджень та інновацій об'єднані у дві загальні категорії:

- створення технологій, що забезпечують контроль та економічну незалежність;
- прискорення економічних та соціальних перетворень.

### **Технології штучного інтелекту**

Внаслідок збільшення обчислювальних потужностей, наявності великих обсягів даних в нових алгоритмічних концепціях, інтелектуальних пристроїв в розумних роботах, штучний інтелект (ШІ) формується як одна з найбільш стратегічних технологій XXI століття. Те, як ми підходимо до ШІ, визначатиме світ, в якому ми живемо.

В умовах жорсткої глобальної конкуренції порядок денний України щодо досліджень та інновацій для ШІ буде сприяти успішному розвитку всіх наших громадян і бізнесу, забезпечуючи при цьому високі етичні стандарти та інклюзивний підхід. Україна повинна посісти чинне місце в сфері інформаційних технологій і, зокрема, технологій ШІ.

**Мета** полягає в тому, щоб усі громадяни відчували переваги ШІ у повсякденному житті – від оптимізації дорожнього руху та автономного водіння, щоб зменшити повсякденний стрес громадян і значно зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод, до справді інтуїтивних систем на основі ШІ, які адаптуються до потреб людини, щоб підтримувати їх у вирішенні конкретних завдань, покращуючи умови їхньої роботи та роблячи технологію простою у користуванні для всіх, навіть не експертів у сфері ШІ. Також суспільство в цілому отримає прибуток від рішень на основі ШІ для оптимізації життєвого циклу ресурсів (енергії, продуктів харчування тощо) і зробить їх більш екологічно та економічно стійкими – від виробництва до розподілу та використання. Лікарі зможуть звернутися за підтримкою потужного машинного навчання, що вимагає великих обсягів даних, щоб допомогти їм у прийнятті рішень щодо діагностики та терапії. Пожежники отримають підтримку роботів для наближення до небезпечних зон втручання. Загалом, прогрес у галузі штучного інтелекту та робототехніки слід повністю використати для просування України на ринки інноваційних рішень та технологічних проривів у провідних галузях науки і промисловості і принести всі свої потенційні прибутки іншим галузям – таким, як охорона здоров'я, сільське господарство, виробництво, енергетика, транспорт, екологія.

**Впровадження штучного інтелекту** та алгоритмів автономної поведінки в складних системах, що мають важливе значення для безпеки та часу, таких як системи, що використовуються у великих транспортних мережах, авіаційній техніці, охороні здоров'я та промислових цілях, є технологічним викликом, але також значною діловою можливістю для України. Необхідно застосувати орієнтований на людину етичний і надійний ШІ, що буде вирішальним для його впровадження, та торговельну марку ШІ, розробленого в Україні.

### **До підрозділу 7.5. «Штучний інтелект у транспорті та інфраструктурі»**

**Логістика. Розробка технологій виявлення та локалізації об'єктів за допомогою безпілотних літальних апаратів**

Розробка технологій виявлення та локалізації об'єктів за допомогою БПЛА є одним із актуальних і перспективних напрямів застосування технологій штучного інтелекту. Це дає змогу розв'язувати ряд державних, господарських та оборонних завдань і, зокрема, створювати тривимірні реконструкції місцевості (будівель, ландшафтів), а також проводити точні вимірювання за допомогою камер LIDAR, RGBD.

**Мета.** Використання БПЛА для визначення перешкод і розпізнавання об'єктів у навколишньому середовищі у реальному часі.

### **Обґрунтування досліджень та основні завдання**

Попит на технології для автономних транспортних засобів збільшився разом із розвитком ІТ і штучного інтелекту. Зросли вимоги до автономного водіння, дослідження щодо виявлення / уникнення перешкод та розпізнавання навколишніх об'єктів – знаків дорожнього руху та пішоходів. Також застосування безпілотних літальних апаратів стало

важливим у таких сферах, як моніторинг стихійних лих, виявлення порушень судноплавства та будівництва, інтелектуальний політ і методи розпізнавання об'єктів.

**Обмеженість наявних технологій:**

- низька точність сенсорів через обмежені характеристики;
- обмеженість технологій синтезу гетерогенних сенсорів;
- обмеження технологій розпізнавання зображень.

**Завдання.** Необхідно розробити адаптивні алгоритми оцінки точності гетерогенних сенсорів (ГС), які оцінюють точність кожного сенсора за характеристиками перешкод: яскравістю, глибиною, позицією, динамікою зміни.

**Розв'язання.** Розробити дворівневі алгоритми розпізнавання об'єктів у режимі реального часу на базі YOLO та даних з ГС, що може прискорити пошук RoI без втрати точності. Щоб позбутись обмеженості наявних технологій, пропонуються алгоритми пошуку перешкод з використання гетерогенних сенсорів та розпізнавання об'єктів (РО) для автономного польоту в режимі реального часу з такими двома модулями: модуль розпізнавання перешкод (МПП) з використанням сенсорів 1D-LIDAR і камери, а також дворівневий модуль розпізнавання об'єктів (МРО) в режимі реального часу, використовуючи дані з гетерогенних сенсорів.

**Стратегія досліджень і розробки**

На основі нижченаведених стратегій розробити нові методи, що забезпечують і універсальність для безпілотних машин, і спеціалізацію на БПЛА:

- Розробка основних технологій для підтримки будь-якої нової технології адаптивного гетерогенного датника залежно від різних характеристик перешкод.
- Розробка стратегії подолання істотних обмежень наявної технології.
- Створення стратегії розвитку технології з відкритим кодом, яка відображає нові технологічні тенденції.
- Використання міжнародної інфраструктури.
- Створення бізнес-стратегії на основі обміну технологіями та бізнес-придатності.
- Створення системи досліджень та проєктування за допомогою аналізу послідовності тестів та обміну даними.

**План дослідження**

1-й етап: базовий дизайн системи:

- Аналіз точності датників, вимірювання ризику зіткнень і проведення експериментів навчання для різних характеристик перешкод.
- Розробка алгоритму виявлення перешкод на базі неоднорідних сенсорів.
- Алгоритм розпізнавання декількох об'єктів на основі даних з адаптивного сенсора.

2-й етап: оптимізація модуля, адаптація та перевірка у різних ситуаціях:

- Реалізація та оцінка ефективності БПЛА.
- Доповнення технології гетерогенних сенсорів до автономної експлуатації БПЛА.
- Аналіз та оптимізація модулів для вбудованих середовищ.

**Очікуване використання результатів технологій виявлення та локалізації об'єктів за допомогою безпілотних літальних апаратів**

Технологію виявлення перешкод у реальному часі та розпізнавання об'єктів, яка базується на конвергенції даних із неоднорідних сенсорів для безпілотних літальних апаратів, можна використовувати як у безпілотному транспортному засобі, так і безпосередньо в сфері UAV. Цю роботу можна використати в різних ситуаціях, зокрема для запобігання соціальним катастрофам та для доставки товарів приватними компаніями.

**PR:** прес-реліз, ураховуючи ключові технології даної платформи обслуговування.

**Технічна виставка:** виставка технічних експонатів для відповіді на різні технічні консультації, пов'язані з технологією визначення завдань.

**Демонстрація та попередня комерціалізація:** просування за допомогою попередньої комерціалізації на основі цієї технології.

### **Розробка цілісних, розумних, безпечних, доступних та інклюзивних систем мобільності**

Україна повинна підтримувати конкурентоспроможність своєї транспортної галузі та керувати трансформацією транспорту, що базується на пропозиції послуг, що керуються попитом, безпечних та стійких служб мобільності. Відповідні дослідницькі та інноваційні ініціативи допоможуть підготувати такі перетворення. Нові цифрові технології, такі як великі дані (Big Data), Інтернет речей (IoT), штучний інтелект та вдосконалені супутникові навігаційні послуги (Galileo / EGNOS), надають великий потенціал для розвитку підключеного та автоматизованого транспорту та управління трафіком по всій транспортній мережі. Це може забезпечити значні переваги в сфері безпеки, екології, економіки та соціальної ситуації завдяки зменшенню аварій, спричинених людськими помилками, зменшенню дорожніх заторів, зменшенню споживання енергії та викидів транспортних засобів, підвищенню ефективності та продуктивності транспортних операцій, покращенню умов праці, створенню нових робочих місць та сприянню соціальної згуртованості. Щоб досягти успіху в цій трансформації, старіючу (і не завжди стійку) транспортну інфраструктуру України потрібно підготувати для забезпечення більш ефективного та розумного функціонування. Результати досліджень та інновацій створять основу для майбутніх стандартів, створюючи європейські та світові ринки, а також адаптуючи та модернізуючи загальну нормативну базу. Щоб максимізувати соціальні, екологічні та економічні вигоди, на додаток до технологічних рішень, важливо розглянути такі людські та соціальні аспекти: аналіз факторів та моделей мобільності, представлення різних соціальних груп і включення нових рішень, розбудову спроможності та прийняття громадськістю.

### **Безпека та конкурентоспроможність автоматизованої системи автомобільного транспорту**

**Завдання.** Впровадити поставлені цілі автоматизованої мобільності на дорогах на рівні країни.

**Мета:** окреслити суспільні переваги, зміцнити конкурентоспроможність української промисловості та належним чином керувати тривалим етапом переходу до автоматизованої транспортної системи безпечним і надійним способом, сприяючи соціальній інтеграції та загальній ефективності, враховуючи особисту мобільність, одночасно зменшуючи загальний вплив на довкілля.

#### **Потенційні завдання та теми дослідження:**

- Взаємодія автоматизованих транспортних засобів з навколишнім середовищем, фізичною та цифровою інфраструктурою, інтерфейсами з іншими видами транспорту.
- Технічні та нетехнічні засоби: розумні датники, 3D-карти HD, передові технології супутникової навігації, аналіз даних, штучний інтелект, етика, конфіденційність, безпека, відповідальність за доступність кібербезпеки, прийняття користувачами та громадськістю, управління та міжнародне співробітництво.
- Вплив автоматизованої системи автомобільного транспорту на суспільство та навколишнє середовище (економічний, екологічний, соціальний, навчальний, кваліфікаційний аспекти, працевлаштування).
- Широкомасштабні транскордонні демонстрації, щоб отримати уявлення про можливості автоматизованих систем водіння та їх обмеження, а також для розгортання.



### **Розробка ефективної та інноваційної транспортної інфраструктури**

**Завдання.** Інноваційні інфраструктури будуть життєво важливими для впровадження мережі TEN-T та технологічного переходу до ефективного обмеження викидів парникових газів. Таким чином, існує потреба в нових рішеннях, щоб забезпечити, незважаючи на наявні бюджетні обмеження, транспортну інфраструктуру України. Її можна підтримувати, модернізувати та розширювати для забезпечення ефективності. Прогнозування зміни клімату є вирішальним для розробки нових типів інноваційної транспортної інфраструктури на 2050 рік, де зростає проблема стійкості та впливу на довкілля. Більше того, зосередження уваги на нових видах транспорту та звичаях є ключем до поліпшення взаємозв'язку та, отже, підвищення конкурентоспроможності та якості послуг.

**Мета.** Розробка та затвердження нових рішень для підвищення ефективності, інтермодальності та безпеки транспортної системи для пасажирів і вантажів. Одночасно зменшити викиди парникових газів від транспортних операцій та покращити екологічні показники робіт з технічного обслуговування та модернізації транспорту протягом усього життєвого циклу інфраструктури.

#### **Потенційні завдання та теми дослідження:**

- Розробити та випробувати нові методи підтримки та модернізації транспортної інфраструктури з метою підвищення безпеки, стійкості клімату та впливу на навколишнє середовище (включаючи середовище існування та біорізноманіття) та розробити нові рішення для забезпечення мобільності.
- Підтримувати розвиток транспортної інфраструктури, яка забезпечить розміщення нових видів транспорту та покращення інтеграції (національної, регіональної) транспортної інфраструктури та енергетичних систем шляхом розгортання відповідної інфраструктури.
- Інтеграція фізичної та захищеної цифрової інфраструктури, включаючи аспекти кібербезпеки.
- Розробити інструменти щодо збору інформації та управління даними для моніторингу ефективності роботи інфраструктури (коефіцієнт використання активів) та ефективного управління змішаними автопарками на дорожніх мережах.
- Розробити та перевірити моделі управління, регулювання державних закупівель та нові контрактні показники ефективності, стимули для підтримки та модернізації інфраструктури.

**Впровадження.** Потенційні виклики та теми досліджень будуть розглядатися шляхом спільних досліджень та інновацій.

### **Розробка майбутньої транспортної мережі та інтегроване управління дорожнім рухом**

**Завдання.** Відсутність своєчасної інформації, надійності, мультимодальної координації, безпеки, комфорту пасажирів та доступності колективної мобільності, що посилюється через неефективний вантажний рух, призводить до збільшення використання індивідуального транспорту. Подолання загальносистемних обмежень пропускної спроможності дозволить поліпшити управління потоками руху пасажирів та вантажів, забезпечивши безперебійну мобільність і транспорт «від дверей до дверей», що призведе до оптимального руху транспорту та обходу тимчасових обмежень пропускної здатності.

**Мета.** Розробити та підготувати заходи до розгортання передової мультимодальної мережі та інтегрованої системи управління дорожнім рухом, щоб забезпечити безперебійну мобільність «від дверей до дверей», підвищити безпеку, зменшити затори та викиди газів, пов'язані з транспортом.

#### **Потенційні завдання та теми дослідження:**

- Архітектура концепції операцій для ефективної, стійкої та адаптованої мультимодальної мережі, системи управління трафіком (NTM), використовуючи передові цифрові технологічні рішення та супутникові навігаційні служби.

- Інтеграція мереж обслуговування з кооперативними та підключеними транспортними засобами для поліпшення управління дорожнім рухом та одержання загального вищого відсотка інформації про мобільних мандрівників.
- Перевірка мультимодальних систем NTM наступного покоління (включаючи внутрішньомодальну оптимізацію та розробку інтерфейсів).
- Проблеми обміну даними: моделі обміну та використання даних різними державними та приватними зацікавленими сторонами, потреба у спільних підходах та правилах.
- Оптимізація руху звичайних, автоматизованих та безпілотних автомобілів у мультимодальній системі NTM.
- Забезпечення співмодальних вантажних транспортних послуг на рівні України, пов'язаних із глобальними ланцюгами поставок у межах добре синхронізованої, розумної та безперебійної мережі.
- Включення положень щодо м'якої / активної рухливості (велосипеди + ходьба).

**Впровадження.** Потенційні виклики та теми досліджень будуть розглядатися шляхом спільних досліджень та інновацій.

### **Мультимодальні вантажні логістичні послуги та послуги з мобільності пасажирів**

**Завдання.** Потрібні нові послуги з мобільності для людей з обмеженими можливостями, щоб забезпечити справедливий доступ до нових технологій. Оператори державного та приватного транспорту розвивають свої моделі послуг – розмиваючи традиційні розмежування між громадським транспортом та приватною мобільністю та між різними видами транспорту.

**Мета.** Забезпечити конкурентноспроможність України у сфері логістики та послуг мобільності, одночасно зменшуючи вплив клімату та навколишнього середовища відповідно до Паризької угоди. Розробити та затвердити нові, низьковуглецеві підходи до системи вантажного транспорту та логістичних операцій протягом усього життєвого циклу. Розробити та затвердити орієнтований на людей розумний громадський транспорт та послуги зі сталої мобільності у всіх видах сільської та міської місцевості.

### **Потенційні завдання та теми дослідження:**

- Нові цифрові інфраструктури, їх взаємозв'язок і взаємодія з супутниковою навігацією України для підвищення ефективності логістичних ланцюгів.
- Оцінити нові ділові та операційні моделі, їх зайнятість та соціальні наслідки (наприклад, необхідність підвищення кваліфікації та перекваліфікації робочої сили), враховуючи нові цифрові та космічні технології, транспортні засоби (наприклад, безпілотні літальні апарати), нові моделі мобільності та нові світові тенденції.
- Оцінити вплив та можливості кооперативної, пов'язаної та автоматизованої мобільності на мультимодальну вантажну логістику на основі цифрових технологій та супутникових навігаційних служб України, відкритих платформ та стандартів / форматів даних.
- Розробка та визначення нових моделей управління доступними, розумними послугами мобільності для всіх.
- Вимоги, що виникають через майбутню взаємодію фізичної, цифрової, технічної, соціальної (охорона здоров'я, освіта тощо) та просторової систем.
- Адаптація екосистеми даних / Інтернету речей для інтеграції нових технологій з різних джерел (включаючи і не транспортні) та інтеграції нових потреб у мобільності (моделі).

**Впровадження.** Потенційні виклики та теми досліджень будуть розглядатися шляхом спільних досліджень та інновацій.

### **Підвищення безпеки транспорту – за режимом та між режимами**

**Завдання.** Безпека є першочерговим завданням будь-якої транспортної системи країни. Основою безпекових досліджень є технології, нормативні акти та людський фактор (індивідуальні та організаційні аспекти, включаючи взаємодію з автоматизацією). У процесі досліджень необхідно враховувати ризики та системність, включаючи транспортні засоби,

інфраструктуру (наприклад, залізничні вокзали, аеропорти та порти), фізичне середовище (наприклад, погода) та різних суб'єктів (наприклад, виробників, регуляторів, операторів, користувачів), а також усі їхні інтерфейси. Будуть розглянуті конкретні питання для кожного виду транспорту та синергія між видами транспорту, зокрема щодо культури безпеки, використання даних та взаємодії з безпекою / кібербезпекою. Особливу увагу буде приділено низькочастотним подіям з високими наслідками (наприклад, аваріям пасажирських суден) та надзвичайним проблемам, що потребують швидкого дослідження для прискорення забезпечення безпеки. Взаємодію буде використано в ході досліджень на національному, європейському та міжнародному рівнях разом із національними органами влади, агентствами та міжнародними організаціями для вдосконалення нормотворчості, сприяння безпеці та контролю.

**Мета.** Сприяти значному зменшенню аварій та інцидентів, летальних випадків, травм та екологічної шкоди.

**Потенційні завдання та теми дослідження:**

- Побудова, аналіз даних та обмін даними про безпеку та про розвідку щодо безпеки.
- Розуміння та прогнозована оцінка ризиків безпеки для проектування, експлуатації та ефективності системи.
- Людські фактори, включаючи соціальну поведінку, нові моделі мобільності, сприйняття інформації, ситуаційну обізнаність і взаємодію з автоматизацією.
- Плавна взаємодія між усіма користувачами, їх транспортними засобами, інфраструктурою та фізичним середовищем у безпечному системному підході.
- Нові технології та рішення щодо безпеки, враховуючи виникаючі ризики та можливості (наприклад, штучний інтелект).
- Покращена підготовка, перевірка, моніторинг та виконання норм безпеки, правил, стандартів, систем управління безпекою та навчання, вивчення потенціалу космічних технологій України.
- Управління аваріями та швидке реагування.

**Впровадження.** Потенційні виклики та теми досліджень будуть розглядатися шляхом спільних досліджень та інновацій.

## До розділу 8. «Наукове, кадрове та матеріальне забезпечення національної екосистеми штучного інтелекту»

Основними **напрямами** підвищення рівня забезпеченості ринку технологій штучного інтелекту кваліфікованими кадрами та рівня інформованості населення про можливі сфери використання таких технологій є:

- створення відкритої організаційно-технічної екосистеми актуальних фундаментальних, прикладних проблем і завдань, які потребують застосування штучного інтелекту;
- використання відповідного **реєстру проблем і завдань** як першочергового пріоритету для вибору тем дипломних і дисертаційних робіт відповідних спеціальностей і спеціалізацій;
- пріоритетне впровадження **моделі дуальної магістратури та аспірантури в сфері ШІ** з використанням досвіду наявних пілотних проєктів наукомістких дуальних програм із залученням до планування і реалізації зацікавлених провідних міжнародних компаній, які мають дослідницькі філії в Україні;
- створення нормативних і фактичних умов для стимулювання спільної **інноваційно-інкубаційної активності (стартапової інфраструктури)** в сфері ШІ викладачів-дослідників, студентів і представників бізнесу при закладах вищої освіти України;
- створення умов для повернення провідних українських науковців та фахівців в сфері ШІ, які проживають та працюють за кордоном;

- визначення *технологічних пріоритетів досліджень з урахуванням обмеженого ресурсу* – зокрема тих, які потребують *малих інвестицій*, даючи при цьому значну конкурентну перевагу на світових ринках через масове використання – ШІ на пристроях (On-Device AI), нові алгоритми машинного навчання для систем з істотними обмеженнями в ресурсах і таке інше;
- визначення *пріоритетних суміжних галузей* у прикладній фізиці, математиці, матеріалознавстві, нейронауці, математичній лінгвістиці тощо – оскільки реальна конкуренція у сфері ШІ відбувається у тому числі на міждисциплінарних напрямках зі створення нових обчислювальних архітектур.

**Фісуненко А. Л.**

### До розділу 1. «Парадигма»

**Місце України в глобальній екосистемі штучного інтелекту. Основні рішення та заходи**

Для виходу України на провідні ролі у глобальній екосистемі ШІ необхідно визначити такі заходи:

1. Створити відкриту організаційно-технічну екосистему актуальних фундаментальних і прикладних проблем і завдань, що виникають у державних та комерційних організацій, які є кандидатами на їх вирішення методами штучного інтелекту. Рекомендувати до використання відповідний *реєстр проблем і завдань* як першочергового пріоритету для вибору тем дипломних і дисертаційних робіт відповідних спеціальностей і спеціалізацій.
2. Поставити у високий пріоритет *модель дуальної магістратури і PhD у сфері ШІ*, залучивши до планування і реалізації відповідних програм з навчання і досліджень:
  - а) досвід наявних пілотних проєктів наукомістких дуальних програм;
  - б) зацікавлені провідні міжнародні компанії, які мають дослідницькі філії в Україні.
3. *Колегіально*, із залученням провідних університетів, державних і комерційних, українських і міжнародних дослідницьких центрів за напрямом ШІ, визначити *перелік конференцій і журналів*, які будуть визнаватися для отримання ступеня PhD (та вище), і, навпаки, перелік конференцій і журналів, які хоч і індексуються Scopus та іншими наукометричними базами, але при цьому є «хижацькими» і не повинні допускатися для формальних критеріїв отримання ступенів. Відповідно зменшити кількісне навантаження критеріїв PhD та докторантури на користь якості, яка буде підтверджуватися міжнародною спільнотою.
4. Стимулювати часткову зайнятість викладачів у реальних комерційних, державних та міжнародних проєктах у сфері ШІ.
5. Створити нормативні та фактичні умови для стимулювання спільної *інноваційно-інкубаційної активності (стартап-інфраструктури)* викладачів-дослідників, студентів та представників бізнесу при університетах.
6. Визначити *технологічні пріоритети досліджень з урахуванням обмеженого ресурсу*. Наприклад, оскільки сучасні центри даних та обчислювальні кластери потребують значних інвестицій, зосередитися на напрямках, що *доступні та доречні в умовах України і потребують малих інвестицій*, даючи при цьому значну конкурентну перевагу на світових ринках через масовість використання: ШІ на пристроях (On-Device AI), нові алгоритми машинного навчання для систем з суттєвими обмеженнями по ресурсах і таке інше.
7. Визначити *пріоритетні суміжні галузі*, не тільки в комп'ютерних науках та ІТ, а й в прикладній фізиці, математиці, матеріалознавстві, нейронауці, оскільки реальна конкуренція у сфері ШІ відбувається у тому числі на міждисциплінарних напрямках зі створення нових обчислювальних архітектур.

8. Ввести такі ключові кількісні показники вимірювання виконання Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні:
- кількість виступів на провідних конференціях та публікацій в журналах (за списком пункту 3);
  - кількість міжнародних патентів у сфері ШІ;
  - кількість магістрів, кандидатів і докторів наук у спеціалізації ШІ (щорічний випуск і кумулятивні показники);
  - кількість міжнародних конференцій (IEEE, ACM), що проводять українські організатори;
  - кількість дослідницьких проєктів з елементами ШІ, що успішно завершені, впроваджені та використовуються в компаніях і державних структурах (щорічний показник);
  - кількість імігрантів зі спеціалізації ШІ в інші країни.

### **Приклади імплементації заходів Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022 – 2030 рр. у вигляді прикладних розробок та технологій**

#### **Інтелектуальна технологія керування роєм безпілотних підводних апаратів**

Проєкт спрямовано на вирішення прикладної проблеми навігації у середовищах з обмеженим постачанням світла та ускладненим проходженням радіосигналу. При вирішенні даної проблеми також вирішуються дві проблеми: перша – безпека та обороноздатність країни; друга – захист природи від біологічних та хімічних забруднень водоймищ, що може спричинити техногенні катастрофи.

**Мета проєкту** – створення універсальної апаратно-програмної системи керування завданнями рою підводних роботів із інтелектуальними засобами реконфігурації взаємодії між ними та можливості автономної бортової навігації.

Архітектура системи передбачає 4 основних елементи: робоче місце оператора (мультиплатформенна програма), центральний вузол взаємодії (сервер або набір хмарних сервісів), базовий ретранслятор (апаратно-програмне рішення обміну даними над поверхнею води та у ній) та підводний дрон. Запропонована архітектура дозволяє операторам власноруч керувати обраними підводними дронами або ставити завдання групам дронів, об'єднуючи їх у мережний рій. Дрони виконують обмін даними із базовим ретранслятором, але мають змогу взаємодії між собою для реалізації схем ройового інтелекту.

Виконується розробка підсистеми автономної навігації підводного робота на основі обробки та перетворювання даних із множини датчиків бортової системи. Реалізація цієї підсистеми полягає у попередній розробці методів агрегації, фільтрації даних з датчиків (сонар, камера, гіроскоп, акселерометр, компас, альтиметр, анемометр, термометр тощо) та створення моделей аналізу потокових даних. Запропоновано метод аналізу та планування маршруту, зважаючи на фактори, які впливають на приріст коефіцієнта похибки. Даний метод дозволить на основі дискретних даних калібрувального бую формувати карту маршруту.

Метод класифікації потенційно небезпечних об'єктів та супроводження потенційно небезпечної цілі запропоновано створити на основі даних з сонару та камери, а також даних про температурний режим та глибину. Система за допомогою методів машинного навчання матиме змогу класифікувати характер поведінки та параметри об'єкта. Під час автономного режиму роботи система буде приймати рішення, спостерігати за підозрілим об'єктом. У процесі спостереження система також матиме змогу перекласифікувати об'єкт.

Запропоновано метод калібрування автономного підводного робота за допомогою калібрувальних буюв із реалізацією протоколів обміну даними. Даний метод необхідний для

забезпечення стабільного каналу зв'язку з координаційним центром, а також для забезпечення надійної навігації без потреби у частих впливаннях автономного робота. У якості буя можливе використання плавучої станції керування, яка виконує загальну функцію підводних роботів та ретрансляції їх сигналів до центру керування.

Стан розробки: створюються прототипи ретранслятору та дрону, тривають дослідження системи підводного зв'язку, створено дослідні зразки робочого місця оператора та вузла взаємодії, імплементовано методи бортової системи автономної підводної навігації за умов втрати зв'язку або під час виконання завдань у режимі тиші.

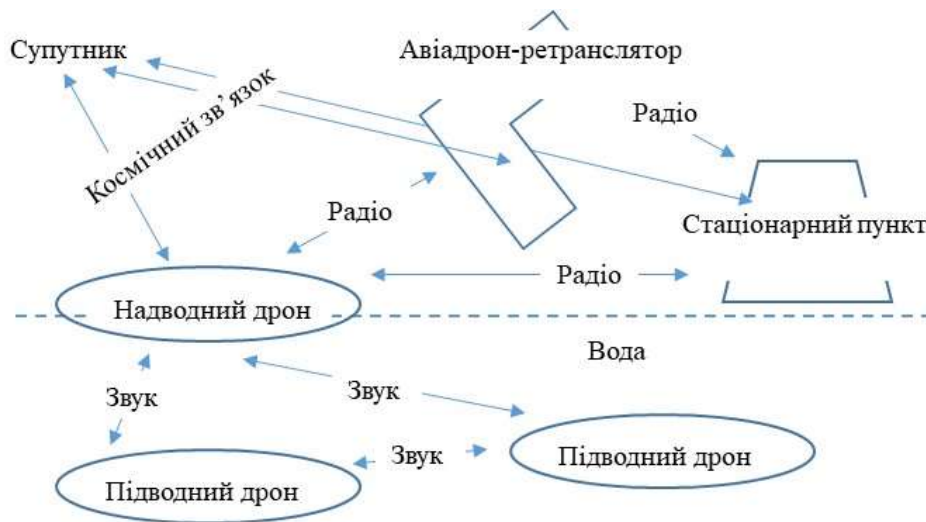


Рис. 3. Концептуальна структура універсального комплексу підводних роботів

### Довготривала оборонна точка із інтелектуальними засобами трекінгу та знищення наземних цілей

Проект спрямовано на розв'язання важливої проблеми національної безпеки та оборони, збереження життя людей шляхом створення інтелектуальної системи розпізнавання й ідентифікації рухомих цілей у наземному просторі оперативного спостереження, визначення їх координат, фізичного розміру, швидкості й напрямку руху з подальшим автоматизованим керуванням засобів ведення вогню на ураження.

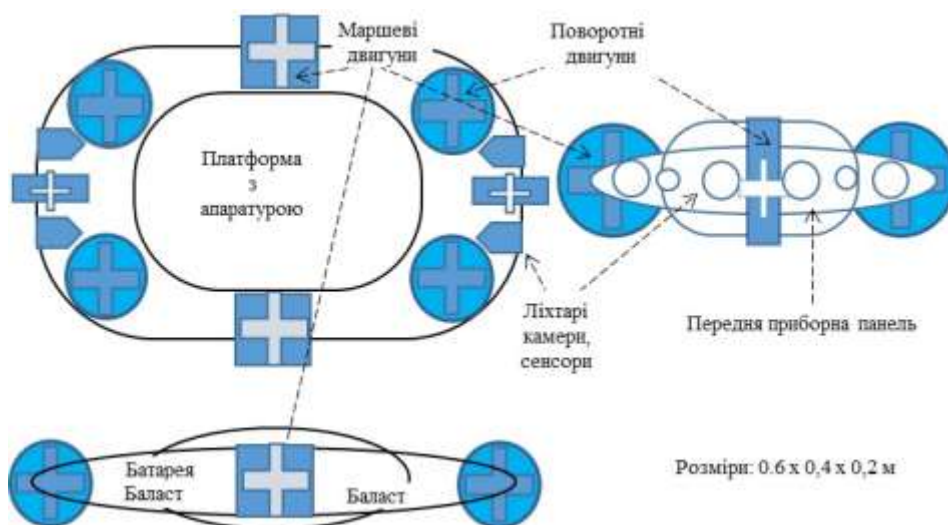


Рис. 4. Ескіз моделі підводного робота

**Мета проєкту** – створення прототипу інтелектуальної системи оборонного призначення, що дозволяє керувати роботизованими комплексами дистанційно і виводити людину з контуру бойових дій для зменшення втрат особового складу, збільшення ефективності стрілецької зброї.

**Ідея проєкту** полягає в поєднанні інформації з роботизованих відеокамер із різним діапазоном спектра, засобів виміру відстані та знань про процеси образного сприйняття людиною фізичних об'єктів із відомими параметрами, їх розташування і поведінки у просторі, онтологічного аналізу інформації про об'єкти навколишнього світу. Такий підхід в комплексі із системами дистанційного управління роботизованими механічними пристроями військового призначення і системами прийняття рішень в задачах управління пристроями оборонного призначення є актуальним для підвищення обороноздатності держави, створення інноваційних систем, що виводять людину із зони бойових дій, зменшують втрати особового складу, сприяють створенню нових конкурентоспроможних видів озброєння.

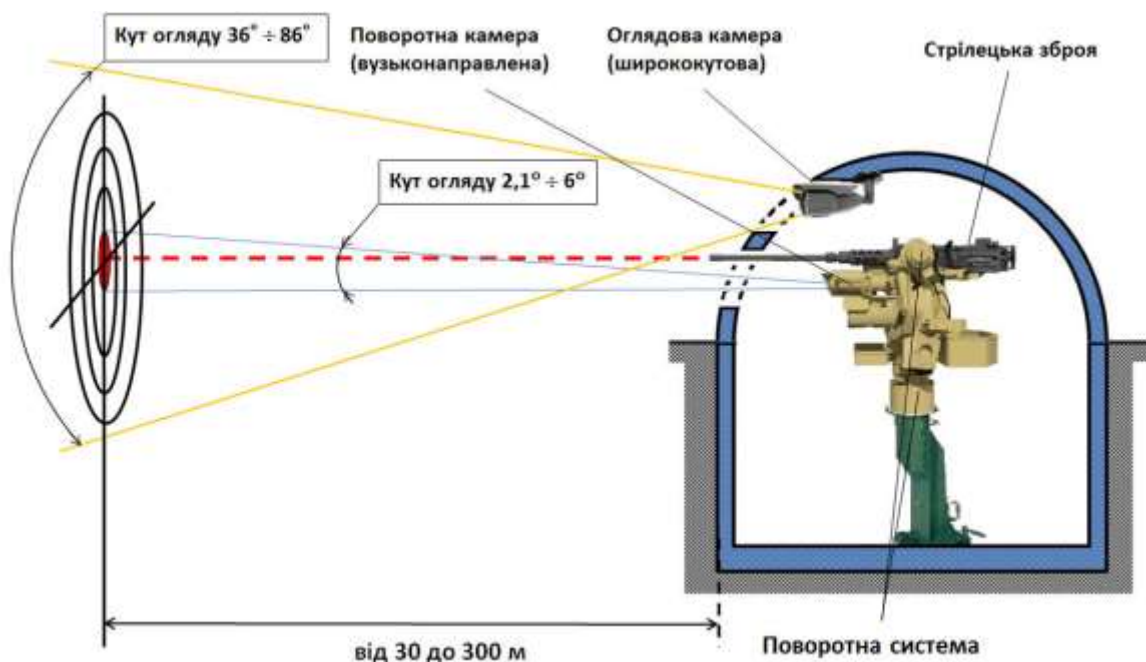


Рис. 5. Схема інтелектуальної системи трекінгу та знищення наземних цілей

Апаратна система складається із обчислювального блоку (одноплатний комп'ютер), який керує поворотною системою із стрілецькою зброєю, та отримує відеопослідовності із мінімум двох камер (можливе використання додаткових сенсорних засобів). Оглядова камера фіксується до нерухомої загальної платформи оборонної точки. Поворотна камера спрямована на вибірковий напрямок у межах кадру оглядової камери та розміщується на сервероплатформі, яка, у свою чергу, зафіксована на нерухомій загальній платформі.

Розроблено симулятор системи оглядової і поворотної камер на основі використання відео, знятого нерухомою камерою з постійною фокусною відстанню. Реалізовано прототип програмного забезпечення інтелектуальної вогневої системи у броньованому корпусі з автоматизованим розпізнаванням і знищенням наземних цілей, який відпрацьовано на симуляторі.



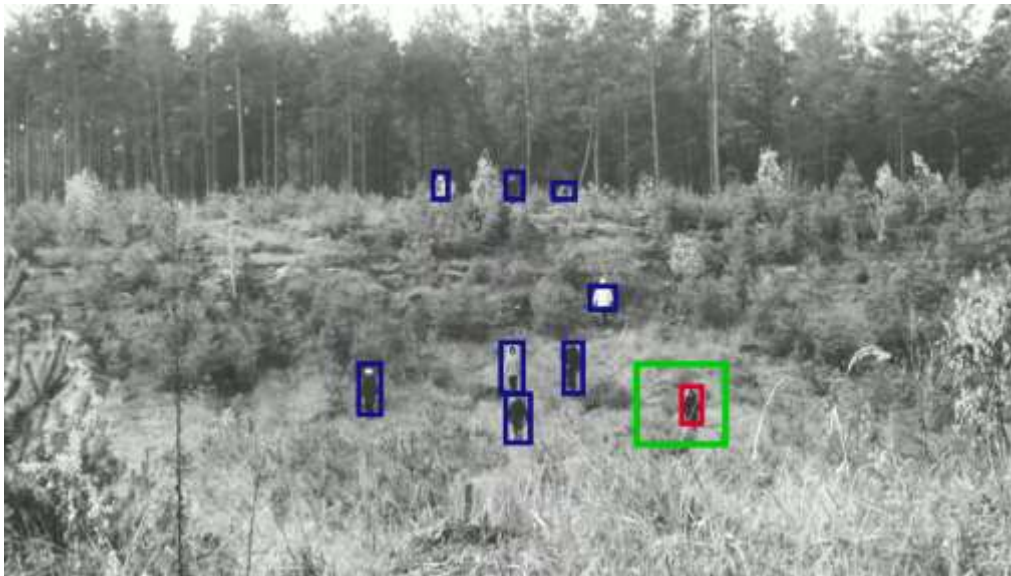


Рис. 6. Симуляція роботи технології: трекінг рухомих об'єктів (сині прямокутники), наведення стрілецької зброї на поточну ціль (червоний прямокутник) із її відстеженням поворотною камерою (зелений прямокутник)

#### **Технічні характеристики** прототипу системи із трекінгом об'єктів:

- Кількість цільових об'єктів: обмежено розділовою здатністю кадру та відсутністю перекриття об'єктів із ракурсу спостереження (до 300 для кадру FullHD).
- Швидкість цільових об'єктів у відеопотоці у площині зображення – не більше 25 пікселів/сек.
- Мінімальний розмір об'єкта 20x20 пікселів (оглядова камера) та 10x10 пікселів (поворотна камера).
- Ресурсоефективне виділення фону: квазістабільний фон (трава, ліс, хмари).
- Оглядова камера: стаціонарне розміщення у бік оперативного спостереження, кут огляду  $86^{\circ} \div 30^{\circ}$ , роздільна здатність від 1920x1080 пікселів, швидка передача відеопотоку без стиснення і кодування (HD-SDI/HD CCTV), прогресивна розгортка.
- Поворотна камера: кут огляду камери  $25^{\circ} \div 17^{\circ}$ , оптична стабілізація, роздільна здатність від 1280x720 пікселів, швидка передача відеопотоку без стиснення. Роздільна здатність для реального часу поворотної камери (частота 25 кадрів на секунду) – 720x480 пікселів.
- Режим роботи: операторний (користувач обирає об'єкти для трекінгу та ураження), автономний (трекінг усіх рухомих об'єктів).

**Нові та удосконалені методи.** Розроблено процедуру супроводу цільового об'єкта поворотною камерою, процедуру корегування напряму поворотної камери на основі порівняння зображень її відеопослідовності із зображеннями відеопослідовності оглядової камери. На основі розробленої процедури пошуку між зображеннями відеопослідовностей запропоновано процедуру автоматичного калібрування системи з оглядової і поворотної камер. Розроблено метод формального опису зображень і відеопослідовностей у вигляді множини структурних елементів, властивості функції модифікації опису об'єктів, що відслідковуються, від кадру до кадру, яка необхідна для здійснення трекінгу. Розроблено процедуру детектування рухомих об'єктів на основі виділення зв'язкових підмножин структурних елементів, що мають подібне міжкадрове зміщення. Зроблено адаптацію розроблених методів трекінгу цільових об'єктів для використання на відеопотоці з рухливим фоном, який притаманний поворотній камері.

#### **Шолом для психофізіологічної корекції стану людини в екстремальних умовах**

Розробка являє собою інтелектуальну систему, що включає сукупність методик діагностики і корекції психофізіологічного стану та програмно-технічних засобів для їх



реалізації. Призначення: психофізіологічна реабілітація людини в екстремальних умовах із застосуванням комплексу методів; масаж із застосуванням інноваційних методик та зворотнім зв'язком контролю психофізіологічного стану.

**Метою проєкту** є розробка теоретичних положень та практичної реалізації засобів і методів оцінки та корекції функціональних станів людини в нормальних, екстремальних та надзвичайних ситуаціях та станах середовища, з використанням зворотних зв'язків та адаптаційних механізмів.

Результатом є інтелектуальна система коригування психофізіологічного стану людини при прийнятті рішень у надзвичайних ситуаціях, особливостями якої є атономність, простота використання без участі фахівця, модифікації існуючих програм та створення нових. Розроблено схему та методи для коригування функціональних робочих станів людини-оператора при прийнятті рішень на рівні виконавців різного рангу, в тому числі і у військових підрозділах. Розроблені та описані інформаційні моделі впливу психофізіологічних та психофізичних характеристик на інтелектуальні характеристики людини при перебуванні у ситуаціях різної складності та залежно від різних умов виконання поставлених завдань.

**Принцип роботи.** До інтелектуальної системи подаються сигнали про психофізіологічний стан організму, система керує формуванням відповідних зворотних сигналів, що цілеспрямовано впливають на біологічно активні зони поверхні голови із аудіовізуальним супроводом для підвищення ефективності впливу. Базові види програм: збудження або заспокоєння нервової системи, також створено програмні засоби для можливості розробки програм підвищення уваги під час навчальних заходів.



Рис. 7. Загальний вигляд шолома та блоку керування на демонстраційному стенді (зліва), випробування прототипу шолома (справа)

**Комплектуючі пристрою:** захисний шолом, віброкатуатори (40 шт.), мікропроцесорна система керування джерелами вібрації і звуковим супроводом, окуляри віртуальної реальності («Gear VR»), смартфон, стереотелефони, пульт керування, програмне забезпечення і засоби підключення до персонального комп'ютера, засоби автономного живлення і підзарядки.

**Доступні функції:** вибір програми послідовності активації джерел вібрації або створення власної програми; вибір аудіо- та відеосупроводження; контроль поточного фізіологічного стану; можливості збереження та експорту інформації щодо стану організму; експертна система вибору і адаптації процедур психофізіологічної корекції стану людини.

### **Чат-бот зі штучним інтелектом для психологічної реабілітації учасників бойових дій**

**Метою проєкту** є підвищення ефективності реабілітації учасників бойових дій засобами травмофокусованої когнітивно-поведінкової терапії (ТФ-КПТ) шляхом автоматизації даних сеансів із використанням інтелектуальної системи віртуального співрозмовника (чат-бота).

Автоматизація елементів терапії є шляхом до вирішення проблеми швидкого надання психотерапевтичної допомоги. Наявні на сьогодні провідні чат-боти мають суттєві недоліки: цілеспрямовані моделі діалогу (closed domain) реалізують окремі сценарії ТФ-КПТ без урахування особливостей користувача та підтримки довільного спілкування, що значно зменшує терапевтичний ефект від використання розробки; відкриті моделі діалогу (open domain) наближені до природного спілкування, але через відсутність формування сценарію терапії застосовуються виключно як віртуальний співрозмовник. Таким чином, актуальні розробки мають вузький спектр вирішуваних задач і не можуть застосовуватись для автономної реабілітації учасників бойових дій.

**Результат проєкту** – комплекс програмного забезпечення, що дозволяє вести діалог із користувачем природною мовою текстовими або голосовими повідомленнями. Система враховує контекст розмови та реалізує методи ТФ-КПТ для полегшення наслідків перебування у стресових станах (зокрема учасників бойових дій та військовослужбовців).

Специфіка системи чат-бота полягає у необхідності забезпечення потрібного рівня якості відповідей на запити користувача, що потрібні для підтримки діалогу та вирішення проблем користувачів. Зважаючи на це, структура системи включає низку механізмів, що контролюють релевантність відповідей. Систему реалізовано у мікросервісній парадигмі.

У роботі використано провідні методи та технології машинного навчання: KeyBERT для ідентифікації імен, характеристик і подій у тексті, Cosmisa для ідентифікації емоцій у висловах. До передобробки вхідної інформації включено корекцію граматичних помилок за допомогою моделі BERT Gector. DialoGPT використано для генерації релевантних відповідей та підтримки діалогу, що необхідно для проведення психотерапевтичних сеансів з користувачем в режимі реального часу. Якість відповідей забезпечується за рахунок збору чистих, консистентних даних, точного налаштування моделі з інтеграцією DialoRTP для оцінки якості відповідей чат-бота та вдосконалення існуючої моделі генерації діалогів шляхом повторного ранжування сформованих кандидатом відповідей.

Значний об'єм можливих скриптів навчання по різних темах і запитах користувача ускладнює задачу налаштування і тренування моделей машинного навчання з потрібною для використання кількістю і якістю даних на потрібні теми клієнтів. У зв'язку з цим, для організації налаштування і навчання моделі машинного навчання запропоновано підхід зворотного зв'язку й механізм модерування із відкладеним регулярним донавчанням, враховуючи оцінку якості та корекції модераторів.

Для усунення некоректних відповідей чат-бота, які можливі після використання різних моделей, компонентів і залежностей різних психотерапевтичних задач, поставлених системі, або недостатнього об'єму навчальних даних з обраної теми, та з метою підвищення якості відповідей, реалізований механізм синхронізації контекста, який приводить дані до єдиного формату, підтримуваного сторонніми моделями, і механізм оцінки релевантності вихідних даних чат-бота, які в автоматичному режимі проводять оцінку, агрегацію, акумулювання результатів і пакування даних для донавчання моделі.

**Стан розробки.** Запроєктовано та реалізовано взаємодію підсистем та моделей машинного навчання за допомогою планувальника і маршрутизатора завдань, який підвищує ефективність обробки даних за рахунок паралельної обробки даних механізмами, обраними маршрутизатором. Створено вебінтерфейс та програмний прототип проведення діалогу англійською мовою. Практичне використання розроблюваної системи наразі доцільно при постійному модеруванні фахівцями нерелевантних відповідей чат-бота при проведенні сеансу психотерапії з користувачами. Продовженням даної роботи є удосконалення механізму синхронізації контексту та автоматизація зазначених процедур, які потребують залучення оператора. Це дозволить у перспективі відмовитись від модерації реплік користувачів та переважної більшості методів сеансів ТФ-КПТ системи.

## **Висновки**

Таким чином, Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні є важливим документом, який регулює основні напрями проведення фундаментальних досліджень і отримання нових знань для створення проривних технологій у цій сфері з урахуванням українських реалій. Вважаємо прийняття такого документа важливою державною справою.

## **Література**

1. Шевченко А. І. До питання щодо створення штучного інтелекту. Штучний інтелект, № 1, 2016. С. 7-15.
2. Stanley-Lockman, Zoe, and Christis, Edward Hunter. 2021. An artificial intelligence strategy for NATO. 25 October 2021. URL: <https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/10/25/an-artificial-intelligence-strategy-for-nato/index.html>.
3. Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні. 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#n8>.
4. Вашкевич А. Електронна особа. 2016. URL: <https://zbruc.eu/node/51750>.
5. Каткова Т. Г. Закони про роботів: сучасний стан і перспективи розвитку. 2017. URL: <http://aphd.ua/publication-345/>.
6. Слюсар В. І. Щодо стратегії формування системи стандартів НАТО // 36. матеріалів V міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми координації військово-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки”. Київ, 11-12 жовтня 2017 р. С. 84–86.
7. Слюсар В. І. Концепция межвидовых стандартов НАТО // Тези доповідей 14-ї наукової конференції “Новітні технології – для захисту повітряного простору”, 11-12 квітня 2018 року. Харків: ХНУПС. С. 46–47.
8. Слюсар В. І. Роль искусственного интеллекта в кросс-платформенном распределении данных дополненной реальности // 36. матеріалів VIII міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми координації військово-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки”. Київ, 2020. С. 417–420.
9. Слюсар В. І. Концепция виртуализации поля боя 2050 года // Озброєння та військова техніка. 2021. № 3 (31). С. 111–112.
10. Calo, Ryan. 2016. Robots in American law. Legal studies reserch paper No. 2016-04. 44 p.
11. Dash, S., Shakyawar, S.K., Sharma, M. et al. 2019. Big data in healthcare: management, analysis and future prospects. J Big Data 6, p. 54. <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0217-0>.
12. Dehaene, S., Lau, H., and Kouider, S. 2017. What is consciousness, and could machines have it? In: Science 358, pp. 486-492.
13. Graziano, M. 2017. The attention schema theory: A foundation for engineering artificial consciousness. In: Frontiers in Robotics and AI 4, art. 60, pp. 1-9.
14. Graziano, M., and Webb, T. 2017. Understanding consciousness by building it. Part three: Metaphilosophy of consciousness studies. In: Bloomsbury companion to the philosophy of Consciousness, pp. 185-210.
15. Gröne, O., and Garcia-Barbero, M. 2002. Trends in integrated care – Reflections on conceptual issues (EUR/02/5037864). Copenhagen: World Health Organization.
16. Hawking, Stephen. 2016. Automation and AI is going to decimate middle class jobs. URL: <http://www.businessinsider.com/stephen-hawking-ai-automation-middle-class-jobs-most-dangerous-momenthumanity-2016-12>.
17. Hennessy, J. L., and Patterson, D. A. 2019. A new golden age for computer architecture. In: Communications of the ACM, vol. 62, issue 2, pp. 48–60.
18. The human element in decisions about the use of force. 2019. URL: <https://www.unidir.org/publication/human-element-decisions-about-use-force>.
19. Ng, Andrew. 2016. What artificial intelligence can and can't do right now. Harward business review. URL: <https://hbr.org/2016/11/what-artificial-intelligence-can-and-cant-do-right-now>.
20. Seth, A. K., Baars, B. J., and Edelman, D. B. 2005. Criteria for consciousness in humans and other mammals. In: Consciousness and cognition 14, pp. 119-139.
21. Stanley-Lockman, Zoe, and Christis, Edward Hunter. 2021. An artificial intelligence strategy for NATO. 25 October 2021. URL: <https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/10/25/an-artificial-intelligence-strategy-for-nato/index.html>.

Стаття надійшла до редакції 07.05.22

Після обробки 05.06.22